



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4  
AEON *MIXED-USE* SENTUL CITY KAB. BOGOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR: *HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDRB)***

FERRY ALIUS  
NRP. 3116105009

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018







TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON *MIXED-USE* SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: *HIGH DAMPING RUBBER BEARING*  
(*HDRB*)**

FERRY ALIUS  
NRP. 3116105009

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018





FINAL PROJECT (RC14-1501)

**DESIGN MODIFICATION OF AEON MIXED-USE 4  
APARTMENT SENTUL CITY USING STEEL-  
CONCRETE COMPOSITE STRUCTURE WITH BASE  
ISOLATION: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)**

FERRY ALIUS  
NRP. 3116105009

Supervisor  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2018



**MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4  
AEON MIXED-USE SENTUL CITY KAB. BOGOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR: *HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING* (HDRB)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**FERRY ALIUS**

**NRP. 3416105009**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.

**SURABAYA  
JULI, 2018**

Halaman ini sengaja dikosongkan

**MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4  
AEON MIXED-USE SENTUL CITY KAB. BOGOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR: *HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDRB)***

**Nama Mahasiswa : Ferry Alius**  
**NRP : 3116105009**  
**Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.**

**Abstrak**

*Struktur komposit baja-beton saat ini telah banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi sipil. Hal ini dikarenakan struktur komposit baja-beton memiliki keunggulan dibanding dengan struktur beton bertulang biasa, diantaranya yaitu, penghematan berat baja, mengurangi penampang balok baja, meningkatkan kekuatan pelat lantai, meningkatkan kapasitas pemikul beban, menambah bentang pada bentang tertentu. Penggunaan teknologi Base Isolator sebagai peredam gempa juga dinilai sangat penting bagi konstruksi bangunan gedung karena mengurangi gaya gempa yang diterima oleh struktur.*

*Gedung Apartemen 4 AEON Mixed-Use Sentul City pada kondisi sebenarnya dibangun menggunakan struktur beton bertulang biasa. Dalam Tugas Akhir ini, gedung tersebut akan dimodifikasi menjadi 34 lantai dan 1 lantai perletakkan serta menggunakan struktur komposit baja-beton dengan Base Isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB) yang pembebanannya mengacu SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Perancangan yang dilakukan meliputi perancangan struktur sekunder, struktur primer, base isolator, sambungan, dan pondasi.*

*Dari analisa dan perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap 15 cm, dan 9 cm, pelat lantai terbesar 15 cm, dimensi balok anak terbesar WF 500x300x11x18, dimensi balok induk*

*terbesar WF 700x300x13x24, dimensi kolom terbesar HSS 1200x1200x50 berintikan beton, dimensi kolom pedestal 1500x1500 dengan dimensi base isolator interior HDRB HH 120x6R dan eksterior HDRB HH 110x6R, pondasi menggunakan bored pile diameter 80 cm sampai kedalaman 30 m dan dimensi sloof 450x650 mm. Perhitungan tersebut memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 1729:2015, SNI 03-1729-2002, dan SNI 2847:2013.*

***Kata kunci: Apartemen, Base Isolator, High Damping Rubber Bearing, Struktur Komposit Baja-Beton***



**DESIGN MODIFICATION OF AEON MIXED-USE 4  
APARTMENT SENTUL CITY USING STEEL-CONCRETE  
COMPOSITE STRUCTURE WITH BASE ISOLATION:  
HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)**

<b>Student Name</b>	<b>: Ferry Alius</b>
<b>NRP</b>	<b>: 3116105009</b>
<b>Department</b>	<b>: Civil Engineering FTSLK-ITS</b>
<b>Supervisor</b>	<b>: Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.</b>

**Abstract**

Composite steel-concrete structure is now widely used in civil construction. This is because the composite structure has many advantages than reinforced concrete structure such as, saving the weight of steel, more efficient of beam cross section, floor stiffness increases, increase the nominal capacity of load. The use of base isolator technology as seismic damper assessed is very important for the construction of buildings, because it can decrease the seismic load that accepted by the structure.

AEON *Mixed-Use* 4 Apartment was a bulding with reinforced concrete structure. In this final project, the bulding will be modified using composite steel-concrete structure with Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB) which its load based on SNI 1727:2013 and PPIUG 1983. The design that will discussed are secondary structure, primary structure, base isolator, connection, and the foundation.

From analyzing and calculating, the output from this final project obtained are 9 cm and 15 cm thick plate of roof, and 15 cm the biggest thick plate of floor, WF 500x300x11x18 as the biggest dimension of secondary beams, WF 700x300x13x24 as the dimension of main beams, the biggest column using HSS 1200x1200x50 concrete filled tube, the dimensions of exterior base isolation is 110 cm and interior is 120 cm, the pedestal column dimension is 1500 mm. In addition, for the foundations using bored pile with depth 30 m depth that start from the surface. That

calculations based on SNI 1726:2012, SNI 1729:2015, SNI 03-1729-2002, and SNI 2847:2013 which are qualified as a structure security requirement.

***Keywords: Apartment, Base Isolation, Composites Steel-Concrete Structure, High Damping Rubber Bearing***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Modifikasi Perancangan Gedung Apartemen 4 AEON *Mixed-Use* Sentul City Kab. Bogor menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton dengan Base Isolator: *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*”.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu sabar, dan tulus dalam memberikan ilmu, masukan dan motivasi.
3. Bapak-Ibu dosen pengajar Departemen Teknik Sipil ITS atas ilmu yang telah diajarkan serta karyawan yang turut membantu.
4. Iga, Pipit, Oki, Yogi, Baskara, Pungky, Anshar, Adi, Nika dan Teman-teman yang tidak bisa disebutkan serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan laporan. Diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat baik bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2018

(Penulis)

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan.....	3
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Umum.....	5
2.2    Struktur Komposit .....	5
2.2.1    Balok Komposit.....	7
2.2.2    Kolom Komposit .....	8
2.2.3    Penghubung Geser.....	11
2.3    Sambungan .....	12
2.3.1    Klasifikasi Sambungan.....	12
2.3.2    Persyaratan Utama Desain Sambungan.....	13
2.4 <i>Base Isolator Elastomeric Rubber Bearing</i> .....	14
2.4.1    High Damping Rubber Bearing (HDRB) .....	16
2.4.2    Lead rubber bearing (LRB) .....	17
2.5    Pondasi .....	18
BAB III METODOLOGI .....	23
3.1    Umum.....	23
3.2    Bagan Alir Perencanaan .....	23
3.3    Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir .....	25
3.3.1    Pengumpulan Data .....	25
3.3.2    Studi Literatur.....	25
3.3.3 <i>Preliminary Design</i> .....	26

3.3.4	Perhitungan Beban Struktur.....	26
3.3.5	Perencanaan Struktur Sekunder.....	40
3.3.6	Permodelan Struktur .....	40
3.3.7	Analisa Struktur ( <i>Fix Based</i> ) .....	41
3.3.8	Perencanaan Base Isolator .....	43
3.3.9	Analisa Struktur ( <i>Isolation Structure</i> ).....	52
3.3.10	Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer .....	53
3.3.11	Perencanaan Sambungan .....	67
3.3.12	Perencanaan <i>Basement</i> dan Pondasi .....	71
3.3.13	Penggambaran Teknik .....	78
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		79
4.1	Struktur Sekunder.....	79
4.1.1	Perencanaan Pelat .....	79
4.1.2	Perencanaan Balok Anak .....	82
4.1.3	Perencanaan Balok <i>Lift</i> .....	92
4.1.4	Perencanaan Tangga .....	102
4.2	Permodelan Struktur .....	125
4.2.1	Penjelasan Umum .....	125
4.2.2	Pembebanan Struktur Utama .....	126
4.2.3	Pembebanan gempa dinamis .....	130
4.2.4	Kombinasi pembebanan .....	132
4.2.5	Kontrol desain ( <i>Fix Based</i> ).....	133
4.2.6	Sistem Struktur Isolasi.....	141
4.2.7	Perhitungan Dimensi <i>High Damping Rubber Bearing (HDRB)</i> .....	143
4.2.8	Kontrol desain ( <i>Isolation Structure</i> ).....	152
4.3	Perencanaan Struktur Primer .....	158
4.3.1	Perencanaan Balok Induk .....	158
4.3.2	Perencanaan Kolom.....	173
4.4	Perencanaan Sambungan .....	177
4.4.1	Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak...177	
4.4.2	Sambungan Balok Tangga.....	181
4.4.3	Sambungan Balok Balok Induk dengan Kolom	185
4.4.4	Sambungan Balok Induk dengan Kolom Pedestal	192

4.4.5	Sambungan Antar Kolom .....	196
4.4.6	Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i> .....	199
4.5	Perencanaan Struktur Bawah.....	206
4.5.1	Perencanaan <i>Basement</i> .....	206
4.5.2	Perencanaan Pondasi .....	215
4.5.3	Perencanaan Poer Pada Kolom.....	227
4.5.4	Penulangan Poer .....	231
4.5.5	Perencanaan Kolom Pedestal .....	234
4.5.6	Perencanaan Sloof Pondasi.....	238
BAB V PENUTUP .....		243
5.1	Kesimpulan.....	243
5.2	Saran.....	245
DAFTAR PUSTAKA.....		247
LAMPIRAN .....		251
BIODATA PENULIS		

Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Balok Komposit Terbungkus Beton, (b) Balok Komposit dengan Steel Deck, (c) Kolom Komposit WF Terbungkus Beton, (d) Kolom Komposit Circular Hollow Sections Terisi Beton, (e) Kolom Komposit Hollow Structural Tubings Terisi Beton .....	6
Gambar 2.2 Balok Komposit dengan Dek.....	7
Gambar 2.3 Penampang Kolom CFT Persegi .....	9
Gambar 2.4 Tipe-tipe <i>Shear Connector</i> .....	11
Gambar 2.5 Sambungan Pada Baja Wide Flange.....	12
Gambar 2.6 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT).....	13
Gambar 2.7 Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom (Sumber: Hwang dan Lee,1999) .....	14
Gambar 2.8 Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan <i>Base Isolator</i> dan <i>fixed base</i> .....	15
Gambar 2.9 <i>High Damping Rubber Bearing</i> .....	16
Gambar 2.10 <i>Lead Rubber Bearing</i> .....	17
Gambar 2.11 Jenis Pondasi Dangkal.....	20
Gambar 2.12 Jenis Pondasi Dalam.....	21
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir.	24
Gambar 3.2 Koefisien risiko terpetakan, periode respon spektral 0.2 detik.....	33
Gambar 3.3 Koefisien risiko terpetakan, periode respon spektral 1 detik.....	33
Gambar 3.4 Grafik respons spectrum.....	36
Gambar 3.5 Penentuan simpangan antar lantai .....	42
Gambar 3.6 Potongan Balok Dengan Penghung Geser Stud.....	59
Gambar 3.7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal .....	60
Gambar 3.8 <i>Base plate</i> .....	70
Gambar 3.9 Tekanan aktif pasif tanah.....	72
Gambar 3.10 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban kolom .....	76

Gambar 3.11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Bored pile .	77
Gambar 4.1 Balok Anak Atap yang Direncanakan .....	83
Gambar 4.2 Balok Anak Lantai yang Direncanakan .....	86
Gambar 4.3 Balok Anak Lantai yang Direncanakan .....	89
Gambar 4.4 Spesifikasi Lift .....	93
Gambar 4.5 Potongan Lift .....	93
Gambar 4.6 Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	94
Gambar 4.7 Spesifikasi Lift .....	97
Gambar 4.8 Potongan Lift .....	98
Gambar 4.9 Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	99
Gambar 4.10 Sketsa Denah Tangga .....	102
Gambar 4.11 Sketsa Potongan Tangga .....	103
Gambar 4.12 Pelat Anak Tangga .....	103
Gambar 4.13 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata .....	104
Gambar 4.14 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat .....	104
Gambar 4.15 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata .....	106
Gambar 4.16 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat .....	106
Gambar 4.17 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes .....	108
Gambar 4.18 Balok Bordes Tangga .....	110
Gambar 4.19 Pembebanan Pada Balok Bordes .....	111
Gambar 4.20 Pembebanan pada balok utama tangga .....	115
Gambar 4.21 Bidang Momen Balok Tangga Utama .....	116
Gambar 4.22 Bidang Geser Balok Tangga Utama .....	118
Gambar 4.23 Bidang Normal Balok Tangga Utama .....	118
Gambar 4.24 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga....	121
Gambar 4.25 Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	122
Gambar 4.26 Potongan Tangga .....	124
Gambar 4.27 Struktur 3D Apartemen 4 AEON <i>Mixed-Use</i> .....	126
Gambar 4.28 Grafik Spektral Percepatan Gempa Bogor.....	131
Gambar 4.29 Permodelan 3D Apartemen 4 AEON <i>Mixed-Use (Isolation Structure)</i> .....	151

Gambar 4.30 Balok Induk Memanjang yang ditinjau .....	158
Gambar 4.31 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit.....	159
Gambar 4.32 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit.....	161
Gambar 4.33 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif .....	162
Gambar 4.34 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif .....	164
Gambar 4.35 Balok Induk Melintang yang ditinjau.....	165
Gambar 4.36 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit.....	166
Gambar 4.37 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit.....	168
Gambar 4.38 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif .....	169
Gambar 4.39 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif .....	171
Gambar 4.40 Kolom yang Ditinjau .....	173
Gambar 4.41 Sambungan Balok Anak 1 dengan Balok Induk..	178
Gambar 4.42 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk.....	180
Gambar 4.43 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	182
Gambar 4.44 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	182
Gambar 4.45 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	184
Gambar 4.46 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	185
Gambar 4.47 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	186
Gambar 4.48 Detail Sambungan Diaphragm Plat dengan Sayap Balok .....	191
Gambar 4.49 Sambungan Las <i>Extended End Plate</i> .....	193

Gambar 4.50 Sambungan Antar Kolom Tampak Samping .....	197
Gambar 4.51 Sambungan Antar Kolom Tampak Atas .....	197
Gambar 4.52 Tampak Samping <i>Base Plate</i> .....	199
Gambar 4.53 Tampak Atas <i>Base Plate</i> .....	200
Gambar 4.54 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate .....	202
Gambar 4.55 Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate .....	203
Gambar 4.56 Denah Dinding Penahan Tanah .....	206
Gambar 4.57 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah .....	206
Gambar 4.58 Sketsa Beban Dinding Penahan Tanah .....	208
Gambar 4.59 <i>Shearkey</i> .....	209
Gambar 4.60 Denah Pondasi .....	215
Gambar 4.61 Koefisien variasi (f) untuk tiang pancang yang menerima beban lateralefisien variasi (f) untuk tiang pancang yang menerima beban lateral.....	221
Gambar 4.62 Grafik koefisien defleksi (fd) untuk tiang yang menerima beban lateral.....	222
Gambar 4.63 Grafik koefisien momen (fm) untuk tiang yang menerima beban lateral.....	223
Gambar 4.64 Hasil analisa <i>bored pile</i> dengan menggunakan spColumn.....	224
Gambar 4.65 Area Kritis Geser Akibat Kolom .....	228
Gambar 4.66 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang .....	230
Gambar 4.67 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X) .....	232
Gambar 4.68 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X) .....	233
Gambar 4.69 Diagram Interaksi Kolom 150/150 cm .....	236
Gambar 4.70 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn.....	236
Gambar 4.71 Diagram Interaksi Sloof.....	240
Gambar 4.72 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn.....	240
Gambar 4.73 Penulangan Sloof.....	242

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	29
Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa .....	31
Tabel 3.3 Klasifikasi Situs.....	31
Tabel 3.4 Koefisien situs $F_a$ .....	34
Tabel 3.5 Koefisien situs $F_v$ .....	34
Tabel 3.6 Kategori resiko $S_{DS}$ .....	35
Tabel 3.7 Kategori resiko $S_{D1}$ .....	35
Tabel 3.8 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega$ untuk system penahan gaya gempa .....	36
Tabel 3.9 Nilai parameter perioda Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	37
Tabel 3.10 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung .....	38
Tabel 3.11 Simpangan antar lantai ijin.....	42
Tabel 3.12 Koefisien Redaman $B_D$ atau $B_M$ .....	44
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Lantai.....	82
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perencanaan Tangga.....	125
Tabel 4.3 Perhitungan $N$ Rata-Rata.....	129
Tabel 4.4 Parameter Gempa Bogor untuk Situs D .....	131
Tabel 4.5 Faktor $R^a$ , $C_d^b$ , dan $\Omega_o$ untuk sistem penahan gaya gempa .....	132
Tabel 4.6 Berat Bangunan .....	134
Tabel 4.7 Partisipasi Massa Bangunan .....	134
Tabel 4.8 Perioda Struktur.....	136
Tabel 4.9 Gaya Geser Dasar Beban Gempa .....	138
Tabel 4.10 Gaya Gempa Dinamis Struktur .....	139
Tabel 4.11 Simpangan Antar Lantai Sumbu X .....	140
Tabel 4.12 Simpangan Antar Lantai Sumbu Y .....	141
Tabel 4.13 Dimension and Performance Properties of HDRB, Total Rubber Thickness 200 mm.....	145
Tabel 4.14 Karakteristik Desain HDRB .....	145
Tabel 4.15 Koefisien Redaman $B_D$ atau $B_M$ .....	146
Tabel 4.16 Partisipasi Massa Bangunan .....	152

Tabel 4.17 Gaya Geser Dasar Beban Gempa .....	154
Tabel 4.18 Gaya Gempa Dinamis Struktur .....	155
Tabel 4.19 Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X Struktur Isolasi .....	156
Tabel 4.20 Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur Isolasi .....	157
Tabel 4.21 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	172
Tabel 4.22 Rekapitulasi Dimensi Kolom .....	177
Tabel 4.23 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	181
Tabel 4.24 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	192
Tabel 4.25 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dengan Kolom Pedestal.....	196
Tabel 4.26 Rekapitulasi Sambungan antar Kolom .....	199
Tabel 4.27 Perhitungan Momen Dinding Penahan Tanah.....	208
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Penulangan Pelat <i>Basement</i> akibat beban parkir .....	214
Tabel 4.29 Q izin tanah pada setiap kedalaman .....	218

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pulau Jawa merupakan wilayah Indonesia yang paling padat penduduk dan infrastrukturnya. Dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat sepanjang tahun. Pertumbuhan penduduk dan arus urbanisasi yang terus meningkat juga menyebabkan permintaan akan kebutuhan tempat tinggal meningkat, oleh karena itu salah satunya mempengaruhi pada pembangunan fasilitas di kabupaten Bogor yang saat ini banyak dilakukan bukan lagi secara horizontal melainkan secara vertikal. Pembangunan secara vertikal ini berfungsi untuk meminimalisir luas lahan yang digunakan, Sehingga saat ini banyak kita jumpai gedung-gedung tinggi (*High Rise building*) di kab. Bogor dan sekitarnya.

Gedung-gedung bertingkat atau pencakar langit rawan terhadap guncangan gempa karena terjadinya resonansi dengan gelombang gempa (Natawidjaja, 2009). Berdasarkan tatanan seismotektoniknya pulau Jawa merupakan bagian dari satuan seismotektonik busur sangat aktif dan busur aktif. Guna mewaspadai akibat dari bencana gempa bumi terhadap gedung-gedung tinggi (*High Rise building*) di kawasan ini perlu di desain tahan terhadap gempa. Sebagai bangunan tinggi Gedung Apartemen 4 AEON Mix-Use Sentul City perlu di desain tahan terhadap gempa. Kerusakan gempa secara konvensional dapat dicegah dengan memperkuat struktur bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja. Namun hasil ini kurang memuaskan, karena kerusakan elemen baik struktural maupun non-struktural umumnya disebabkan adanya interstory drift (perbedaan simpangan antar tingkat). Salah satu cara untuk memperkecil interstory drift adalah dengan memperkaku bangunan dalam arah lateral. Namun, hal ini akan memperbesar gaya gempa yang bekerja pada bangunan. Metode yang lebih baik adalah dengan meredam energi gempa sampai pada tingkat yang tidak membahayakan (Heriandes, 2015).

Seiring dengan perkembangan teknologi, salah satu metode yang dapat meredam energi gempa adalah dengan base isolator. Konsep dari base isolator sendiri adalah berusaha “memisahkan” bangunan dari gerakan horisontal pondasi dengan memasang peralatan isolator diantara kolom dan pondasi. Base isolator mempunyai sifat yang fleksibel terhadap gaya horisontal, tapi mampu menahan berat bangunan dengan baik. Hal itu dikarenakan kombinasi antara material karet dan pelat baja yang tersusun. Dengan sifat fleksibel tersebut, saat gaya gempa menggeser pondasi, base isolator melakukan simpangan horisontal bolak-balik dari tanah sehingga gaya tersebut hanya sebagian kecil yang diterima ke struktur bangunan (Qoernia, 2010). Secara umum base isolator terdiri dari beberapa jenis, yaitu: (1) *Laminated Rubber (Elastomeric) Bearing*, (2) *Lead Rubber Bearing (LBR)*, (3) *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*, (4) *Friction Pendulum System (FPS)* (Suardi, 2013).

Selain itu, untuk memberikan kekuatan yang lebih besar dalam memikul beban, maka diperlukan modifikasi perencanaan dengan menggunakan struktur komposit baja – beton. Struktur komposit terbukti mampu memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan struktur biasa dan menjadi lebih populer dalam rekayasa struktur (Arifin, 2011). Struktur komposit baja-beton merupakan gabungan beton dengan baja profil, dimana pada beton bertulang gaya-gaya tarik dipikul oleh besi tulangan. Tapi pada komposit baja-beton ini gaya-gaya tarik langsung dipikul oleh profil baja. Dengan demikian, struktur komposit baja-beton memiliki kapasitas pemikul beban lebih besar daripada struktur beton bertulang maupun struktur baja biasa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah utama pada penulisan Tugas Akhir ini adalah bagaimana merencanakan gedung dengan struktur komposit baja-beton dan *Base Isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB)*. Adapun perincian dari masalah di atas adalah sebagai berikut:



1. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga dan lift ?
2. Bagaimana merencanakan struktur primer gedung menggunakan komposit baja-beton dengan peraturan yang berlaku ?
3. Bagaimana merencanakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing* (HDRB)
4. Bagaimana merencanakan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur ?
5. Bagaimana menjelaskan hasil akhir perancangan modifikasi dalam bentuk gambar teknik?

### 1.3 Tujuan

Tujuan utama pada penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat merencanakan gedung dengan struktur komposit baja-beton dan *Base Isolator: High Damping Rubber Bearing*. Adapun perincian dari tujuan di atas adalah sebagai berikut:

1. Dapat merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga dan lift.
2. Dapat merencanakan struktur primer gedung menggunakan komposit baja-beton dengan peraturan yang berlaku.
3. Dapat merencanakan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing* (HDRB).
4. Dapat merencanakan pondasi sesuai dengan beban yang dipikul struktur.
5. Dapat menjelaskan hasil akhir perancangan modifikasi dalam bentuk gambar teknik.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini, antara lain:

1. Perencanaan tidak menghitung analisa biaya dan waktu serta tidak membahas metode pelaksanaan konstruksi.

2. Tidak merencanakan dan tidak mempertimbangan sistem sanitasi, *mechanical plumbing*, utilitas bangunan, dan *finishing*.
3. Tidak meninjau dari segi arsitektur.
4. Analisa struktur menggunakan program ETABS.

### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi salah satu pertimbangan dalam perencanaan bangunan gedung dengan struktur komposit baja-beton dan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing* (HDRB) oleh para kontraktor ataupun pemerintah.
2. Sebagai tambahan ilmu dan pembelajaran mengenai perancangan bangunan gedung dengan struktur komposit baja-beton dan *Base Isolator : High Damping Rubber Bearing* (HDRB) untuk penulis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Struktur bangunan adalah komponen penting dalam dunia teknik sipil. Bangunan yang biasa kita amati adalah perkantoran, rumah sederhana, hotel, dan sebagainya. Fungsi dari struktur ialah melindungi suatu ruang tertentu terhadap iklim, bahaya-bahaya yang ditimbulkan alam dan menyalurkan semua macam beban ke tanah. Beban yang disalurkan adalah beban yang dipikul struktur itu sendiri, berat bahan struktur, beban angin dan gempa bumi. Berdasarkan sistem penyaluran bebannya, struktur bangunan gedung dibagi menjadi dua, yaitu struktur utama dan struktur pendukung (sekunder).

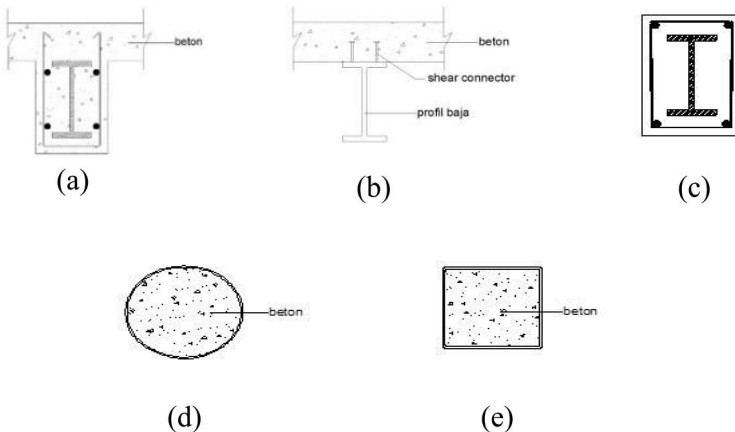
Dalam dunia konstruksi, secara umum kita mengenal struktur bangunan baja dan struktur bangunan beton bertulang. Bangunan baja yang terdiri dari berbagai macam profil baja sebagai struktur utama, memiliki kelebihan tahan terhadap tarik. Namun juga memiliki banyak kelemahan, seperti mudah korosi, tidak tahan terhadap api, dan sebagainya. Sedangkan bangunan beton bertulang sangat kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik.

Oleh karena itu, timbul suatu struktur baru yang disebut struktur komposit baja-beton. Struktur komposit baja adalah satu kesatuan komponen yang terdiri dari baja dan beton. Komponen struktur komposit ini dapat menahan beban sekitar 33% hingga 50% lebih besar daripada beban yang dapat dipikul oleh balok baja saja tanpa adanya perilaku komposit.

#### **2.2 Struktur Komposit**

Struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Karena komposit melibatkan dua macam material yang berbeda, maka perhitungan kapasitasnya tidak sesederhana

struktur bukan komposit. Karakteristik dan dimensi kedua bahan akan menentukan bagaimana pemilihan jenis profil dan pelat beton yang akan dikomposisikan dan kinerja struktur tersebut. Karakteristik dasar masing-masing bahan juga dimanfaatkan secara optimal. Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah kekuatan tinggi, modulus elastisitas tinggi, serta daktilitas tinggi. Sedangkan karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah ketahanan yang baik terhadap api, mudah dibentuk, dan murah. Perencanaan komposit terdiri dari profil baja dan beton yang digabung dan bekerja sama, sehingga menghasilkan desain profil/elemen yang lebih ekonomis untuk memikul beban tekan atau lentur. Batang pemikul lentur disebut dengan balok komposit, sedangkan batang pemikul tekan disebut dengan kolom komposit.

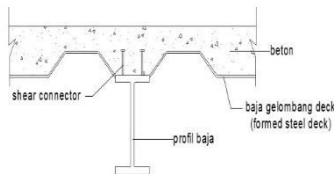


Gambar 2.1 (a) Balok Komposit Terbungkus Beton, (b) Balok Komposit dengan Steel Deck, (c) Kolom Komposit WF Terbungkus Beton, (d) Kolom Komposit Circular Hollow Sections Terisi Beton, (e) Kolom Komposit Hollow Structural Tubings Terisi Beton

(Sumber: Doc. Materi Kuliah Komposit Baru 2015)

### 2.2.1 Balok Komposit

Balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Balok komposit seperti pada (Gambar 2.1 b) merupakan pelat beton yang disangga balok baja dengan penghubung geser. Sehingga dua struktur tersebut menjadi satu kesatuan dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan struktur. Apabila balok non-komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan bawah pelat beton akan tertarik dan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami perpendekan. Karena penghubung geser tidak terpasang pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja maka pada bidang kontak tersebut tidak ada gaya yang menahan perpanjangan serat bawah dan perpendekan serat atas (Widiarsa dan Deskarta, 2007).



Gambar 2.2 Balok Komposit dengan Dek  
(Sumber: Doc. Materi Kuliah Komposit Baru 2015)

Dalam kajian analitis dan eksperimental dek baja bergelombang sebagai elemen pembentuk pelat komposit (Gambar 2.1), menyatakan keuntungan yang dimiliki oleh pelat komposit ini dibandingkan dengan pelat beton bertulang biasa adalah kekakuan dek baja cukup tinggi sehingga memerlukan sedikit penyangga pada waktu pengecorannya. Dek baja dapat menghemat jumlah pemakaian adukan beton karena memiliki ketebalan yang tipis, menghemat biaya dan waktu karena dek baja berfungsi sebagai formwork untuk pengecoran adukan beton dan dek baja bergelombang dapat dimanfaatkan sebagai tulangan tarik sehingga kebutuhan akan tulangan tarik dapat dikurangi. Pelat baja

bergelombang juga memiliki keterbatasan penggunaan dalam jenis pelat dek komposit (Lubis dan Proid dalam Izzati, 2016).

Berikut beberapa jenis balok komposit antara lain:

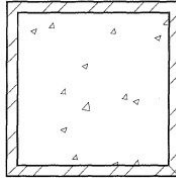
1. Balok Komposit Penuh  
Untuk balok komposit penuh, penghubung geser harus disediakan dalam jumlah yang memadai sehingga balok mampu mencapai kuat lentur maksimumnya. Pada penentuan distribusi tegangan elastis, slip antara baja dan beton dianggap tidak terjadi.
2. Balok Komposit Parsial  
Pada balok komposit parsial, kekuatan balok dalam memikul dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Perhitungan elastis untuk balok seperti ini, seperti pada penentuan defleksi atau tegangan akibat beban layan, harus mempertimbangkan pengaruh adanya slip antara baja dan beton.
3. Balok Baja Terselubung Beton

### **2.2.2 Kolom Komposit**

Kolom komposit adalah elemen vertikal dari struktur portal atau *frame* atau struktur rangka dominan mendukung gaya aksial yang terdiri dari gabungan antara bahan profil baja struktur dan beton. Awal mula pengembangan elemen kolom komposit yaitu dari profil baja berpenampang I yang dibungkus oleh beton yang tujuan utamanya sebagai pelindung dari api.

Kolom komposit terbagi menjadi dua macam, yaitu kolom baja profil yang dibungkus dengan beton dan kolom baja profil berongga yang didalamnya diisi dengan beton (*concrete filled tube*). Karena gedung yang direncanakan merupakan gedung bertingkat tinggi dapat digunakan kolom *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* (RCFT), dimana beton yang diisi ke dalamnya dapat menambah kekuatan dan kekakuan kolom tersebut selain itu untuk proses pengerjaan pembangunannya menjadi lebih efisien dengan berkurangnya bekisting untuk beton dan perancah. Penambahan beton pada komposit ini juga mengurangi

potensi tekuk lokal dari profil. Tulangan baja menahan ketegangan, momen lentur, dan geser. Pelat baja yang dipasang juga berguna sebagai penahan atau kurungan pada saat proses pengecoran beton (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Penampang Kolom CFT Persegi

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan :

1. Luas penampang profil baja minimal sebesar 1% dari luas penampang komposit total.
2. Selubung beton untuk penampang komposit yang berintikan baja harus diberi tulangan baja longitudinal dan tulangan pengekang lateral. Tulangan baja longitudinal harus menerus pada rantai struktur portal, kecuali untuk tulangan longitudinal yang hanya berfungsi memberi kekangan pada beton. Jarak antar pengikat lateral tidak boleh melebihi  $\frac{2}{3}$  dari dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas minimum penampang tulangan transversal (atau longitudinal) terpasang. Tebal bersih selimut beton dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transveersal minimal sebesar 40 mm;
3. Mutu beton yang digunakan tidak lebih 55 MPa dan tidak kurang dari 21 MPa untuk beton normal dan tidak kurang dari 28 MPa untuk beton ringan.
4. Tegangan leleh profil dan tulangan baja yang digunakan untuk perhitungan kekuatan kolom komposit tidak boleh lebih dari 380 MPa;

5. Tebal minimum dinding pipa baja atau penampang baja berongga yang diisi beton adalah  $b \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$  untuk setiap sisi selebar  $b$  pada penampang persegi.

Sistem kolom RCFT mempunyai banyak keuntungan daripada baja dan beton bertulang yang dipisah (Morino et al, 2001). Keuntungan utamanya sebagai berikut:

1. Interaksi antara pipa baja dengan beton:
  - a. Peristiwa tekuk lokal dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahan oleh beton.
  - b. Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
  - c. Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang:
  - a. Rasio baja dari RCFT jauh lebih banyak dari beton bertulang
  - b. Baja dari penampang RCFT berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang terluar.
3. Efisiensi konstruksi:
  - a. Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan menghemat biaya konstruksi
  - b. Tempat konstruksi terjaga tetap bersih
4. Tahan kebakaran:
 

Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

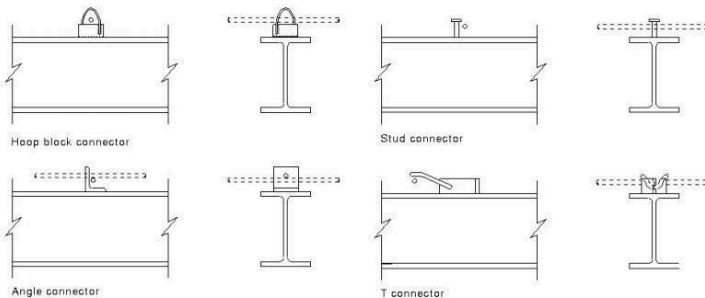
Sedangkan kelemahan dari inovasi ini dikarenakan hubungan antara baja dan beton yang kompleks membuat lebih mahal dalam pembuatan sambungan.



### 2.2.3 Penghubung Geser

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Idealnya alat penghubung geser harus cukup kaku untuk menghasilkan interaksi penuh, namun hal ini akan memerlukan pengaku yang sangat tergar. Adapun jenis-jenis alat penghubung geser yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

- Alat penyambung stud (*stud connector*)
- Alat penyambung kanal (*canal connector*)
- Alat penyambung spiral (*spiral connector*)
- Alat penyambung siku (*angle connector*)



Gambar 2.4 Tipe-tipe *Shear Connector*

Penghubung geser tipe stud dapat memberikan tahanan yang lebih kuat dari penghubung geser tipe “L” sebelum profil I mengalami kegagalan. Semakin besar mutu beton yang dipakai pada struktur komposit maka semakin kuat pula struktur komposit tersebut. Hal itu terjadi karena peningkatan mutu beton menyebabkan penurunan nilai slip sehingga kapasitas beban struktur komposit meningkat (Lahamukang, et.al., 2014) Terdapat berbagai alternatif tipe penggunaan penghubung geser yang dipergunakan pada struktur komposit (Gambar 2.4).

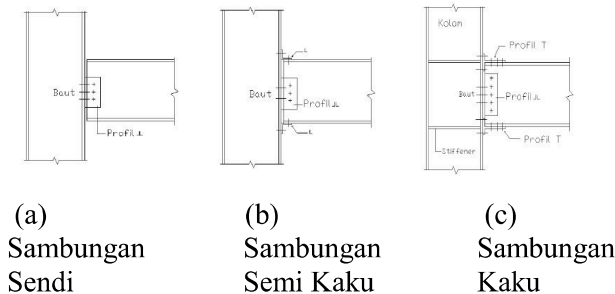
## 2.3 Sambungan

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

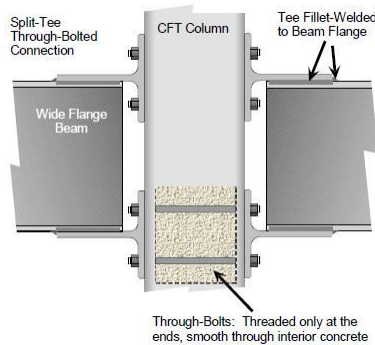
### 2.3.1 Klasifikasi Sambungan

Klasifikasi Sambungan:

1. Sambungan kaku/*rigid connection* adalah sambungan yang dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen-komponen struktur yang akan disambung.
2. Sambungan semi kaku/*semi rigid connection* adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambung, namun harus dianggap memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut-sudut tersebut
3. Sambungan sendi/*simple connection* adalah sambungan yang pada kedua ujung komponen struktur dianggap bebas momen. Sambungan sendi harus dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan. Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung.



Gambar 2.5 Sambungan Pada Baja Wide Flange



Gambar 2.6 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT)

### 2.3.2 Persyaratan Utama Desain Sambungan

Ada beberapa persyaratan utama untuk desain sambungan balok-kolom di ACI 318 Code (2005) [5]:

1. Kekuatan lentur harus memenuhi rasio  $M_R$

$$M_R = \frac{\sum M_c}{\sum M_b} \geq \frac{6}{5} \quad (2.1)$$

Di mana  $\sum M_c$  dan  $\sum M_b$  adalah jumlah kapasitas momen nominal kolom dan balok. Persyaratan ini untuk memenuhi filsafat "*strong column weak beam*".

2. Untuk pemberhentian tulangan pada sambungan exterior, sisa tulangan yang dibengkokkan pada balok tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar antara  $8 d_b$  atau 150 mm, dan panjang ditentukan oleh rumus :

$$L_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f_c}} \quad (2.2)$$

Dimana  $f_y$  adalah kuat leleh,  $d_b$  adalah diameter tulangan, dan  $f_c$  adalah kekuatan beton (dalam MPa).

3. Desain gaya geser yang bekerja pada sambungan tidak akan melebihi batas tertentu berdasarkan geometri dan

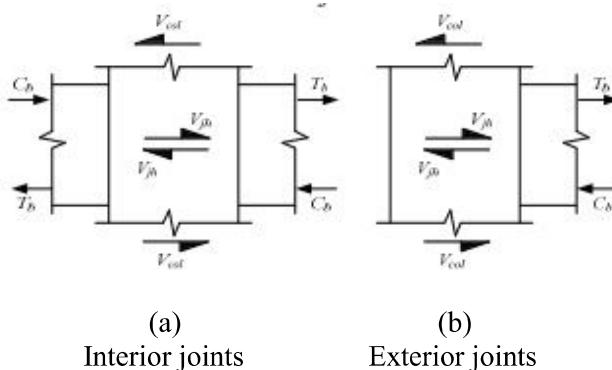
batasan sambungan. Untuk sambungan balok-kolom interior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 (a), gaya geser horizontal sambungan dihitung dengan rumus :

$$V_{jh} = T_b + C_b - V_{col} \quad (2.3)$$

Sementara untuk sambungan balok-kolom eksterior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 (b) dihitung dengan rumus:

$$V_{jh} = T_b - V_{col} \quad (2.4)$$

Dimana  $T_b$  adalah gaya tarik pada tulangan balok,  $C_b$  adalah gaya tekan pada beton, dan  $V_{col}$  adalah gaya geser horizontal kolom di bagian atas sambungan.



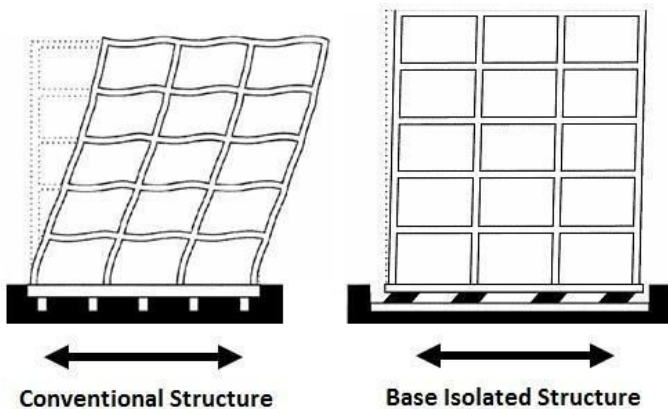
Gambar 2.7 Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom  
(Sumber: Hwang dan Lee, 1999)

## 2.4 Base Isolator Elastomeric Rubber Bearing

*Base isolator elastomeric rubber bearing* dibentuk dari lembaran baja yang tipis dan karet yang disusun berlapis dan disatukan dengan cara vulkanisasi. Pelat baja tebal diletakkan pada bagian atas dan bawah bantalan tersebut sebagai penghubung antara bantalan dengan pondasi dibawahnya dan bantalan dengan struktur

diatasnya. Penutup dari karet digunakan untuk membungkus bantalan untuk melindungi pelat baja dari korosi.

Base isolator merupakan sebuah bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur diatasnya sebagai satu kesatuan. Pada saat terjadi gempa, masing-masing struktur bangunan akan bergetar akibat dari pergerakan tanah yang mempengaruhi pondasi bangunan. Karena pergerakan tanah yang terjadi bersifat acak maka getaran yang memasuki struktur juga tidak selaras, hal ini menyebabkan bangunan yang bersifat kaku mudah runtuh. Pada bangunan yang menggunakan base isolator, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki system struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur diatasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur. Perbandingan antara bangunan konvensional dengan bangunan yang menggunakan base isolator dapat dilihat pada Gambar 2.8.



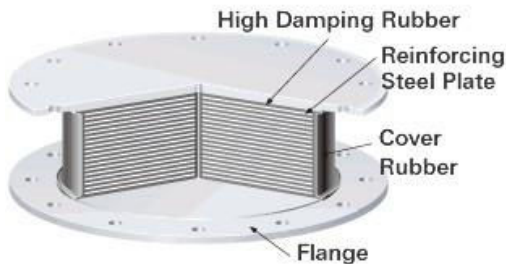
Gambar 2.8 Perbandingan Perilaku Gedung Menggunakan *Base Isolator* dan *fixed base*

Prinsip utama cara kerja *elastomeric* adalah dengan memperpanjang waktu getar alami struktur diluar frekuensi dominan gempa sampai 2,5 atau 3 kali dari waktu getar struktur tanpa isolator (*fixed base structure*) dan memiliki damping antara 10% – 20% sehingga gaya gempa yang disalurkan ke struktur lebih kecil, maka sistem rangka pada bangunan pun bisa didesain dengan SPRMB pada daerah gempa tinggi.

Elastomeric rubber bearing yang biasa digunakan pada bangunan adalah tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) dan *Lead Rubber Bearing* (LRB).

#### 2.4.1 High Damping Rubber Bearing (HDRB)

*High Damping Rubber Bearing* (Gambar 2.9) merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan *extra fine carbon block, oil* atau resin, serta bahan isian lainnya sehingga meningkatkan damping antara 10% - 20% pada *shear strain* 100% dengan modulus geser *soft* ( $G = 0,4 \text{ MPa}$ ) dan *hard* ( $G=1,4 \text{ MPa}$ ).

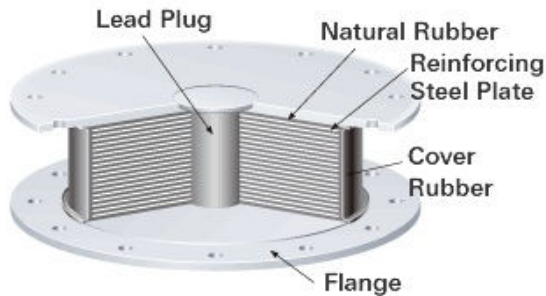


Gambar 2.9 *High Damping Rubber Bearing*  
(Sumber: Brosur Isolation Bridgestone)

Bantalan pada sistem isolasi seismik harus didesain dengan cermat untuk memastikan agar bangunan yang dipikul tetap berdiri ketika dan setelah gempa terjadi.

### 2.4.2 Lead rubber bearing (LRB)

*Lead rubber bearing* (Gambar 2.10) adalah *laminated rubber bearing* yang lebih besar terbuat dari lapisan karet dan dipadu dengan lapisan baja, tetapi ditengahnya diberi rongga yang diisi dengan *lead* (perunggu). Lapisan karet yang di vulkanisir yang bisa bergerak ke semua arah horizontal dilaminasi diantara lapisan baja yang mampu menahan beban aksial. *Lead* (perunggu) yang terletak ditengah berfungsi sebagai tempat penyerapan energi sehingga mampu mengurangi gaya gempa dan perpindahan.



Gambar 2.10 *Lead Rubber Bearing*  
(Sumber: Brosur Isolation Bridgestone)

Lapisan karet pada bantalan memberikan fleksibilitas lateral sedangkan lapisan baja memberikan kemampuan untuk menahan beban aksial. Lapisan penutup karet pada bantalan berfungsi untuk melindungi pelat baja agar tidak korosi. Pelat baja pada bagian atas dan bawah bantalan berfungsi untuk menghubungkan isolator dengan struktur diatas dan dibawahnya. *Lead rubber bearing* didesain sangat kaku dan kuat diarah vertikal dan lentur diarah horizontal sehingga beban vertikal dan lateral yang kecil bisa didukung tanpa menimbulkan perpindahan yang berarti. *Lead* mengalami kelelahan pada tegangan rendah dan berperilaku sebagai solid elastis – elastis. Kekakuan pasca kelelahan yang baik terhadap *cyclic loading* karena dapat

memulihkan hampir seluruh propertis mekaniknya tepat setelah terjadi kelelahan.

## 2.5 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid). Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Sesuai konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan. Dalam proses pembangunannya harus memenuhi persyaratan utama sebagai berikut:

1. Cukup kuat menahan muatan geser akibat muatan tegak ke bawah
2. Dapat menyesuaikan pergerakan tanah yang tidak stabil (tanah gerak)
3. Tahan terhadap pengaruh perubahan cuaca dan pengaruh bahan kimia

Prinsip pondasi:

1. Harus sampai ke tanah keras
2. Apabila tidak ada tanah keras harus dilakukan proses perbaikan tanah



Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

### **1. Pondasi Dangkal**

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

#### **a) Pondasi Memanjang**

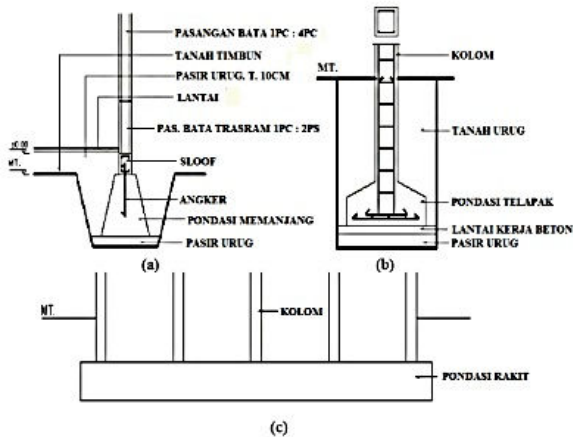
Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.11 a).

#### **b) Pondasi Telapak**

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.11 b).

#### **c) Pondasi Rakit**

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi- sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.11 c).



Gambar 2.11 Jenis Pondasi Dangkal  
(Sumber: Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

## 2. Pondasi Dalam

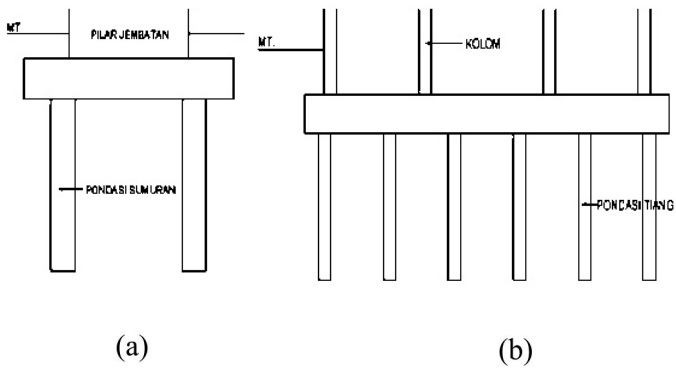
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

### a) Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebar ( $B$ ) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$ . (Gambar 2.7a).

### b) Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.7b).



Gambar 2.12 Jenis Pondasi Dalam  
(Sumber: *Sostrodarsono, Nakazawa.1984*)

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB III

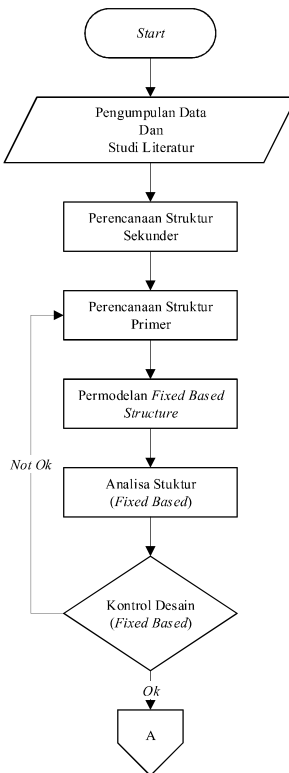
### METODOLOGI

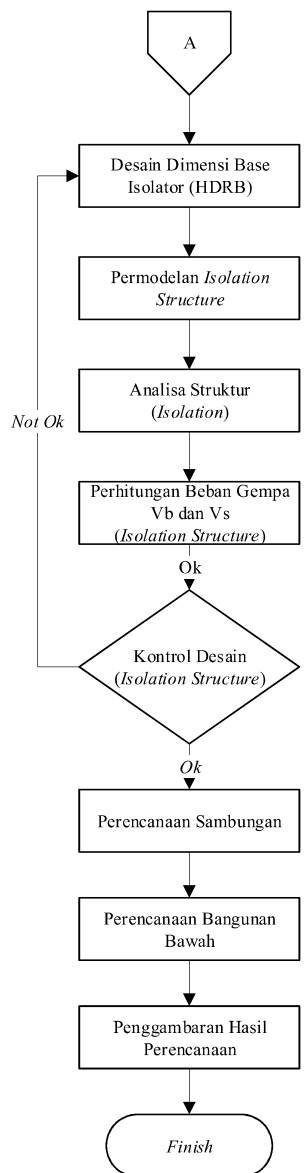
#### 3.1 Umum

Perancangan gedung Apartemen 4 AEON *Mixed-Use* menggunakan Base Isolator: *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* tentunya memiliki susunan langkah-langkah pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan.

#### 3.2 Bagan Alir Perencanaan

Berikut adalah langkah-langkah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini yang akan digambarkan dalam diagram alir pada (Gambar 3.1)





Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.3 Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

Rincian penjelasan mengenai metodologi penyelesaian dari bagan alir di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.3.1 Pengumpulan Data

Mempelajari gambar yang berkaitan dengan perencanaan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan modifikasi perencanaan. Berikut adalah data perencanaan yang digunakan:

- Nama Gedung : Apartemen 4 AEON *Mixed-Use*
- Lokasi : CBD Sentul City (C17-2B), desa Citaringgul, kel. Babakan Madang-kab. Bogor
- Fungsi : Apartemen atau tempat tinggal
- Jumlah Lantai : 34 Lantai dan 2 basement
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Sistem Struktur : Sistem Ganda

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan material baja dengan data-data sebagai berikut :

- Nama Gedung : Apartemen 4 AEON *Mixed-Use*
- Lokasi : CBD Sentul City (C17-2B), desa Citaringgul, kel. Babakan Madang-kab. Bogor
- Fungsi : Apartemen atau tempat tinggal
- Jumlah Lantai : 34 Lantai dan 1 Lantai Perletakkan
- Tinggi Gedung : 121.45 meter
- Struktur Utama : Balok Baja dengan dek dan kolom *Concrete Filled Steel Tube*
- Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK)

#### 3.3.2 Studi Literatur

Dalam menunjang pengerjaan tugas akhir ini, maka dilakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan perencanaan bangunan struktur baja komposit dengan base isolator: *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*. Diantaranya adalah sebagai berikut:

### 3.3.3 *Preliminary Design*

Merencanakan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur, dan merencanakan profil yang akan digunakan.

#### 3.3.3.1 Perencanaan Struktur Sekunder

Melakukan perkiraan dimensi awal, penentuan mutu dan dimensi material pada elemen struktur sekunder yang meliputi:

- Pelat lantai
- Balok anak
- Tangga
- Balok penggantung *lift*

#### 3.3.3.2 Perencanaan Struktur Primer

Melakukan perkiraan dimensi awal, penentuan mutu dan dimensi material pada elemen struktur primer yang meliputi:

- Dimensi balok induk (direncanakan menggunakan profil baja WF).
- Dimensi kolom (direncanakan menggunakan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube*).

### 3.3.4 Perhitungan Beban Struktur

Melakukan perhitungan beban struktur sebagai berikut:

#### 3.3.4.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1 yang dimaksud beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat keran. Serta berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.2, dalam menentukan beban mati untuk perancangan harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh



pihak yang berwenang. Untuk detail pembebanan beban mati akan digunakan peraturan PPIUG 1983 Tabel 2.1.

### 3.3.4.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.1 yang dimaksud beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Serta berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.3.1, beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 4-1.

### 3.3.4.3 Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan persamaan berikut:

$$p = qG C_p - q_i (G C_{pi}) \left( \frac{lb}{ft^2} \right) \left( \frac{N}{m^2} \right) \quad (3.1)$$

Dimana:

- Qz = qz untuk dinding disisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah.
- Qh = qh untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap diukur pada ketinggian h.
- q<sub>i</sub> = q<sub>i</sub> untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding disisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian.
- q<sub>i</sub> = qz untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada

bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$ , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i=q_h$ ).

- $G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727:2013 Pasal 26.9.
- $C_p$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.
- $(GC_{pi})$  = koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.43.

$q$  dan  $q_i$  harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3. Tekanan harus ditetapkan secara bersamaan pada dinding disisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3.

#### **3.3.4.4 Beban Gempa**

Beban gempa rencana ditetapkan berdasarkan respons spektrum pada SNI 1726:2012 dimana langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

##### **1. Menentukan kategori risiko struktur bangunan (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2)**

Tabel 3.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemakaian	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>-Fasilitas sementara</li> <li>-Gudang penyimpanan</li> <li>-Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ Rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ Mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Bioskop</li> <li>-Gedung pertemuan</li> <li>-Stadion</li> <li>-Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>-Fasilitas penitipan anak</li> </ul>	III

Jenis Pemafaatan	Kategori Resiko
<p>-Penjara -Bangunan untuk orang jompo Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>-Fasilitas penanganan air</li> <li>-Fasilitas penanganan limbah</li> <li>-Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> </ul>	IV

Jenis Pemafaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

## 2. Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2)

Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

## 3. Menentukan klasifikasi situs (SNI 1726:2012 Pasal 5.3)

Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	$N$ atau $N_{ch}$	$S_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	$N$ atau $N_{ch}$	$S_u$ (kPa)
SB (batuan)	750 sampai 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750 m/s	>50	$\geq 100$ kN/m <sup>2</sup>
SD (tanah sedang)	175 sampai 350 m/s	15-50	50 sampai 100 kN/m <sup>2</sup>
SE (tanah lunak)	< 175 m/s	< 15	<50 kN/m <sup>2</sup>
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tnah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		
	Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

#### 4. Menentukan parameter percepatan tanah

## 5. Menentukan koefisien situs ((SNI 1726:2012 Pasal 6.2)

Tabel 3.4 Koefisien situs Fa

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S <sub>s</sub>				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>B</sup>				

Tabel 3.5 Koefisien situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode 1 detik, S <sub>1</sub>				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>B</sup>				

## 6. Menghitung parameter percepatan desain (S<sub>DS</sub>, S<sub>D1</sub>) (SNI 1726:2012 Pasal 6.3)

Parameter percepatan desain untuk periode pendek (S<sub>DS</sub>) dan pada periode 1 detik (S<sub>D1</sub>) harus ditetapkan sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.2)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.3)$$



**7. Menentukan kategori desain seismik (SNI 1726:2012 Pasal 6.5)**

Tabel 3.6 Kategori resiko  $S_{DS}$

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.7 Kategori resiko  $S_{DI}$

Nilai $S_{DI}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

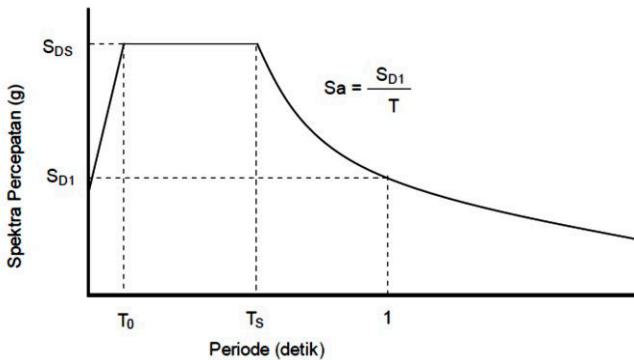
**8. Memilih faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor pembesaran defleksi (Cd) dan faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726:2012 Pasal 7.2.2)**

Tabel 3.8 Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega$  untuk system penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi, $R$	Faktor Kuat Lebih, $\Omega_0$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
C. Sistem rangka pemikul momen								
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB

### 9. Melakukan analisis model respons spektrum

Analisis modal respons spektrum dilakukan menggambar grafik respons spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respons spectrum.



Gambar 3.4 Grafik respons spektrum

Pada periode  $T < T_0$ , respons spektra percepatan:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.4)$$

Pada periode  $T_0 < T < T_s$ , respons spektra percepatan:

$$S_a = S_{DS} \quad (3.5)$$

Pada periode  $T > T_s$ , respons spektra percepatan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.6)$$

Dengan:

$$T_0 = \frac{0,2S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

#### 10. Melakukan analisis statik ekuivalen

- Menentukan periode fundamental pendekatan,  $T_a$  (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1)

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.9)$$

Keterangan :

$C_t$ , dan  $x$  = koefisien parameter waktu getar perkiraan (Tabel 3.9)

$h_n$  = tinggi struktur

Tabel 3.9 Nilai parameter periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dengan rangka menahan 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75

Rangak baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

- Menentukan batas periode struktur

$$T_a \leq T \leq C_u T_a \quad (3.10)$$

Keterangan :

$T_a$  = periode fundamental perkiraan

$C_u$  = koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan  
(Tabel 3.10)

Tabel 3.10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

<b>Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1s, <math>S_{DI}</math></b>	<b>Koefisien <math>C_u</math></b>
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

- Menghitung koefisien respon seismik

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.11)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  adalah percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

$R$  adalah faktor modifikasi respon dalam tabel 3.8

$I_e$  adalah faktor keutamaan hunian sesuai tabel 3.2

- Menghitung gaya dasar seismik

$$V = C_s W \quad (3.12)$$

Dimana:

$C_s$  adalah koefisien respons seismik

$W$  adalah berat seismik menurut pasal 7.7.2 (SNI-1726-2012)

### 3.3.4.5 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013, dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

1. 1,4 D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 ( $L_r$  atau S atau R)
3. 1,2D + 1,6 ( $L_r$  atau S atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 ( $L_r$  atau S atau R)
5. 1,2D + 1,0W + L + 0,2S
6. 0,9D + 1,0W
7. 0,9D + 1,0E

### 3.3.4.6 Beban Tanah

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.2.1, dalam perancangan struktur di bawah tanah, harus diperhatikan tekanan lateral tanah di sampingnya. Bila tidak ada beban tanah dalam laporan penyelidikan tanah yang disetujui oleh pihak yang berwenang, beban tanah yang diberikan dalam Tabel 3-1 harus dipakai sebagai beban lateral minimum.

Besarnya tegangan tanah horizontal secara umum adalah sebagai berikut:

- Tegangan tanah horizontal aktif:

$$\sigma' = \gamma' h K_a - 2c' \sqrt{K_a} \quad (3.13)$$

$$K_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2}\right) \quad (3.14)$$

- Tegangan tanah horizontal pasif:

$$\sigma' = \gamma' h K_p + 2c' \sqrt{K_p} \quad (3.15)$$

$$K_p = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}\right) \quad (3.16)$$

Maka, besar tekanan tanah lateral dapat dihitung dengan menghitung luasan diagram tegangan tanah.

### 3.3.5 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 3.3.5.1 Perencanaan Tangga

Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 1729:2015 sesuai dengan pasal F-1:

$$\phi Mn \geq Mu \quad (3.17)$$

$$\phi Vn \geq Vu \quad (3.18)$$

Dimana:

Mn = Momen nominal balok

Mu = Momen ultimate yang terjadi

#### 3.3.5.2 Perencanaan Pelat Lantai

Direncanakan menggunakan pelat bondek sehingga pelat lantai di desain menjadi pelat satu arah.

#### 3.3.5.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Direncanakan dan dikontrol sesuai dengan persamaan 3.17 dan 3.18.

#### 3.3.5.4 Perencanaan Balok Anak

Direncanakan dan dikontrol sesuai dengan persamaan 3.17 dan 3.18

#### 3.3.6 Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program bantu yang direncanakan sebagai ruang 3 dimensi untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama.

### 3.3.7 Analisa Struktur (*Fix Based*)

#### Kontrol Desain

##### 1. Kontrol Partisipasi Massa

Analisis harus dilakukan untuk menentukan modes alami dari getaran untuk struktur yang dianalisis. Analisis harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90% (SNI 1726:2012 pasal 7.9.1).

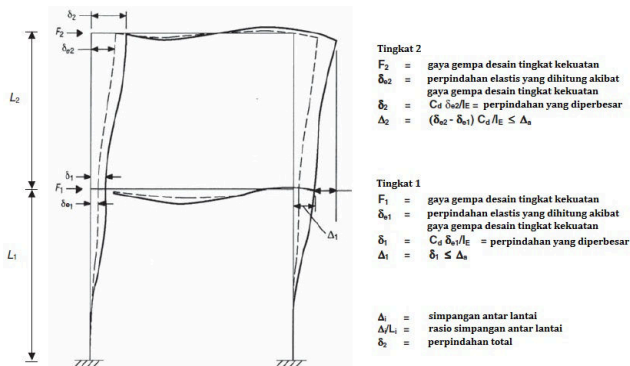
##### 2. Kontrol Reaksi Perletakan struktur

Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0.85V/V_t$  (SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1).

##### 3. Kontrol Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat rencana harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Besarnya defleksi pada tingkat  $x$ ,  $\delta_x$ , dapat dihitung dengan Persamaan (3-23) (SNI 1726:2012 pasal 7.8.6). Sementara untuk perhitungan simpangan antar lantai ditunjukkan pada Gambar 3.5. Nilai simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin,  $h_{sx}$ , pada Tabel 3.11.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.19)$$



Gambar 3.5 Penentuan simpangan antar lantai

Tabel 3.11 Simpangan antar lantai ijin

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dari dasar, dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Hasil analisa struktur diatas bertujuan untuk:

1. Memastikan bahwa struktur yang kelak akan dimodelkan dengan base isolation, sudah merupakan struktur yang stabil dan kuat tanpa melampaui ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan berdasarkan SNI atau peraturan yang lainnya.
2. Menentukan parameter kekakuan base isolation yang akan digunakan pada permodelan Isolation Structure



### 3.3.8 Perencanaan Base Isolator

#### 3.3.8.1 Teori Base Isolation Berdasarkan SNI 1729:2012:

##### 1. Perpindahan Rencana (Pasal 12.5.3.1)

Sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan perpindahan gempa lateral minimum,  $DD$ , yang bekerja pada setiap arah sumbu horisontal utama struktur sesuai dengan persamaan berikut:

$$D_D = \frac{gS_{D1}T_D}{4\pi^2 B_D} \quad (3.19)$$

Dimana:

$g$  = Percepatan gravitasi. Satuan  $g$  adalah  $\text{mm}/\text{det}^2$   
jika satuan untuk perpindahan rencana,  $D_D$ , dalam  $\text{mm}$ .

$S_{D1}$  = Parameter percepatan spektral rencana dengan redaman 5 persen pada periode 1 detik dengan satuan  $g$ . (Pasal 6.3 SNI 1726:2012)

$T_D$  = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik, pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (3.20)

$B_D$  = Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana,  $B_D$ , seperti yang diatur dalam Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Koefisien Redaman  $B_D$  atau  $B_M$ 

<b>Redaman Efek, <math>B_D</math> atau <math>B_M</math> (presentase dari redaman kritis)</b>	<b>Faktor <math>B_D</math> atau <math>B_M</math></b>
$\leq 2$	0.8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
$\geq 50$	2,0

- Koefisien redaman harus berdasarkan redaman efektif system isolasi yang ditentukan menurut persyaratan-persyaratan. (Pasal 12.8.5.2 SNI 1726:2012)
  - Koefisien redaman harus berdasarkan interpolasi linear untuk nilai redaman efektif diantara nilai-nilai yang diberikan di atas.
- Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Rencana (Pasal 12.5.3.2)

Periode efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan rencana,  $T_D$ , Harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Dmin} \times g}} \quad (3.20)$$

Dimana :

$W$  = Berat seismik struktur di atas pemisah isolasi.  
(Pasal 7.7.2 SNI 1726:2012)

$K_{Dmin}$  = Kekakuan efektif minimum sistem isolasi,  
dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah

horizontal yang ditinjau. (Persamaan 91 SNI 1726:2012)

$g$  = Percepatan gravitasi.

### 3. Perpindahan Maksimum (Pasal 12.5.3.3)

Perpindahan maksimum sistem isolasi,  $D_M$ , pada arah yang paling menentukan dari respons horizontal harus dihitung sesuai dengan persamaan berikut:

$$D_m = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M} \quad (3.21)$$

Keterangan:

$g$  = Percepatan gravitasi

$S_{M1}$  = Parameter percepatan spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5 persen pada periode 1 detik dengan satuan. (Pasal 6.4.2 SNI 1726:2012)

$T_M$  = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik, pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (3.22)

$B_M$  = Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum,  $B_M$ , seperti yang diatur dalam Tabel 3.12

### 4. Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Maksimum (Pasal 12.5.3.4)

Periode efektif yang diisolasi pada perpindahan maksimum,  $T_M$ , harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Mmin} \times g}} \quad (3.22)$$

Dimana :

- W = Berat seismik struktur di atas pemisah isolasi, dinyatakan dalam kN. (Pasal 7.7.2 SNI 1726:2012)
- $K_{Mmin}$  = Kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dinyatakan dalam kilo newton per milimeter (kN/mm), pada saat perpindahan maksimum di arah horisontal yang ditinjau. (Persamaan 93 SNI 1726:2012)
- g = Percepatan grafitasi.

#### 6. Perpindahan Total (Pasal 12.5.3.5)

Perpindahan rencana total,  $D_{TD}$ , dan perpindahan maksimum,  $D_{TM}$ , dari elemen-elemen sistem isolasi harus menyertakan perpindahan tambahan akibat torsi sesungguhnya dan torsi tak terduga, dihitung dari distribusi spasial kekakuan lateral sistem isolasi dan lokasi massa eksentrik yang paling tidak menguntungkan. Perpindahan rencana total,  $D_{TD}$ , dan perpindahan maksimum total  $D_{TM}$ , dari elemen-elemen sistem isolasi dengan distribusi spasial kekakuan lateral yang seragam tidak boleh diambil kurang dari nilai yang ditentukan oleh persamaan-persamaan berikut:

$$D_{TD} = D_D \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \quad (3.23)$$

$$D_{TM} = D_M \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \quad (3.24)$$

Dimana:

- $D_D$  = Perpindahan rencana di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (3.23)
- $D_M$  = Perpindahan maksimum di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (3.24)

- Y = Jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan, diukur tegak lurus terhadap arah beban gempa yang ditinjau.
- e = Eksentrisitas sesungguhnya diukur dari denah antara titik pusat massa struktur di atas batas pemisahan isolasi dan titik pusat kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, dalam mm, diambil sebesar 5 persen dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus untuk arah gaya yang ditinjau.
- b = Ukuran denah struktur terpendek diukur tegak lurus terhadap d.
- d = Ukuran terpanjang denah struktur.

Pengecualian:

Perpindahan rencana total,  $D_{TD}$ , dan perpindahan maksimum total,  $D_{TM}$ , masing-masing diambil kurang dari nilai yang ditentukan, tetapi tidak kurang dari 1,1 kali  $D_D$  dan  $D_M$ , jika perhitungan menunjukkan bahwa sistem isolasi dikonfigurasi untuk menahan torsi.

#### 7. Distribusi Vertikal Gaya (Pasal 12.5.5)

Gaya geser harus didistribusikan ke seluruh tinggi struktur di atas batas pemisah isolasi sesuai dengan persamaan berikut:

$$F_x = \frac{V_s w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (3.25)$$

Dimana:

- $F_x$  = Bagian  $V_s$  yang bekerja ditingkat x
- $V_s$  = Gaya gempa lateral rencana total atau geser dari elemen-elemen di atas sistem isolasi seperti yang ditentukan persamaan (3.33)
- $w_x$  = Bagian dari W yang ditempatkan atau dipasang di tingkat x.

$h_x$  = Tinggi tingkat x dari dasar.

Di setiap tingkat x, gaya  $F_x$ , harus diterapkan di seluruh daerah struktur sesuai dengan distribusi massa di tingkat tersebut.

#### 8. Batas Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai struktur diatas sistem isolasi tidak boleh melebihi 0.015  $h_{sx}$ . Simpangan antar lantai harus dihitung berdasarkan persamaan:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.26)$$

Dimana:

$C_d$  = Faktor amplifikasi defleksi (Tabel 9 SNI 1726:2012)

$\delta_{xe}$  = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa (Pasal 4.1.2 SNI 1726:2012)

#### 3.3.8.2 Desain Dimensi Base Isolator High Damping Rubber Bearing (HDRB)

Setelah diperoleh permodelan struktur *fixed-base*, selanjutnya ialah memodelkan struktur yang menggunakan *base isolation*, dengan cara mengganti perletakkan *fixed-base* dengan *isolation device*. Maka dari itu dibutuhkan terlebih dahulu parameter kekakuan *Isolator*

##### a. Penentuan Kekakuan Isolator (*Base Isolation*)

Dengan diperolehnya parameter saat analisa *fixed-base* (periode natural bangunan dan reaksi perletakkan) maka akan ditentukan nilai kekakuan vertikal ( $K_v$ ) dan nilai kekakuan horizontal ( $K_h$ ) dari *Isolator Device*. Parameter ini dibutuhkan saat memodelkan struktur yang menggunakan *base isolator*.

- b. Penentuan *Dimensi High Damping Rubber Bearing*  
Dari parameter gaya dan reaksi analisa struktur *fixed-base* dapat didesain kebutuhan dimensi *base isolator*.
- c. Data *Isolation Device Type High Damping Rubber Bearing*  
Data base isolator yang diperoleh penulis pada analisa ini adalah brosur spesifikasi HDRB Katalog Bridgestone (Lampiran).
- d. Penentuan Beban Gempa *Isolation Structure* ( $V_b$  dan  $V_s$ )
- e. Dalam desain gaya geser, sistem *isolation*, pondasi dan semua elemen yang berada dibawah sistem *isolation*, didesain dengan gaya:

$$V_s = K_{D_{\max}} \times D_D \quad (3. 27)$$

dimana  $K_{D_{\max}}$  ialah kekakuan efektif maksimum dari sistem *isolation* dan  $D_D$  adalah perpindahan rencana. Dengan persyaratan ini, semua elemen yang berada dibawah isolator didesain secara elastis untuk gaya maksimum ditransfer melalui sistem *isolation* pada level desain beban gempa. Sedangkan gaya geser minimum untuk struktur yang berada diatas isolator:

$$V_s = (K_{D_{\max}} \times D_D) / R_i \quad (3. 28)$$

ini adalah gaya elastis pada sistem *isolation*, yang digunakan pada elemen yang berada diatas isolator, yang direduksi oleh faktor  $R_i$  (*isolated*). Nilai  $V_s$  dihitung tidak boleh lebih kecil dari nilai dibawah ini:

- Gaya gempa lateral untuk *fixed base structure* dengan berat ( $W$ ) yang sama dan periode yang sama ( $T_D$ ).
- Gaya geser sesuai dengan desain beban angin.
- Gaya lateral yang disyaratkan pada sistem *isolation* dengan faktor 1.5.

Adapun tahap-tahap dalam mendesain High Damping Rubber Bearing (HDRB) adalah:

1. Menentukan berat struktur untuk masing-masing kolom (w) dan berat struktur total (Wt) dan reaksi yang terjadi pada struktur melalui program analisa struktur.
2. Menentukan ketebalan rubber
3. Menentukan kekakuan horizontal (KH) aktual elastomer:

$$K_H^1 = \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{Pj. bentang} \quad (3. 29)$$

4. Menentukan luasan rubber dengan rumus lain kekakuan horizontal:

$$K_H^1 = \frac{G_t \times A}{t_r} \longrightarrow A = \frac{K_H \times t_r}{G_t} \quad (3. 30)$$

Dimana:

G = modulus geser karet (MPa)

A = luas penampang elastomer (mm<sup>2</sup>)

t<sub>r</sub> = total tebal karet (mm)

5. Menentukan diameter rubber dari hasil luasan yang diketahui dari perhitungan sebelumnya dapat diketahui diameternya.

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \longrightarrow D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}} \quad (3. 31)$$

6. Menentukan data-data yang berkaitan dengan propertidimensi, yang dapat dilihat dari brosur yang akan digunakan.

### 3.3.8.3 Perhitungan Beban Gempa Vs dan Vb (*Isolation Structure*)

1. Sistem Isolasi dan Elemen-Elemen Struktural di Bawah Sistem Isolasi (Pasal 12.5.4.1)

Sistem isolasi, pondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya gempa lateral minimum, Vb, dengan



menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V_b = K_{Dmax} \times D_D \quad (3.32)$$

Dimana:

$K_{Dmaks}$  = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari system isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau. (Persamaan 90 SNI 1726:2012)

$D_D$  = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (3.19)

$V_b$  = Tidak boleh diambil kurang dari gaya maksimum di sistem isolasi untuk perpindahan sembarang sampai dengan dan termasuk perpindahan rencana

2. Elemen Struktur di Atas Sistem Isolasi (Pasal 12.5.4.2)  
Struktur di atas sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum,  $V_s$ , menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai persamaan berikut:

$$V_s = \frac{k_{Dmaks} \times D_D}{R_1} \quad (3.33)$$

Keterangan:

$K_{Dmaks}$  = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari system isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau.

$D_D$  = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (3.19)

$R_1$  = Koefisien numerik yang berhubungan dengan tipe sistem penahan gaya gempa di atas sistem isolasi.

Faktor R1 harus berdasarkan pada tipe sistem penahan gaya gempa yang digunakan untuk struktur di atas sistem isolasi dan harus bernilai  $\geq 3/8$  dari nilai R yang diberikan oleh tabel 9 (SNI03.1726.2012), dengan nilai maksimum tidak lebih besar dari 2,0 dan nilai minimum tidak kurang dari 1,0.

3. Batas Vs (Pasal 12.5.4.3)

Nilai Vs tidak boleh dari batasan berikut ini:

- a. Gaya gempa lateral untuk struktur yang terjepit di dasar dengan gempa efektif,  $W$ , yang sama, dan periodenya sama dengan periode struktur dengan isolasi seismik,  $T_D$ .
- b. Gaya geser dasar untuk beban angin rencana terfaktor.
- c. Gaya gempa lateral yang dibutuhkan untuk mengaktifkan system isolasi secara penuh (misal: tingkat leleh dari suatu sistem yang melunak (*softening system*), kapasitas ultimit suatu system pengekang angin, atau tingkat friksi lepas dari suatu sistem gelincir (*the break-away friction level of a sliding system*) dikalikan dengan faktor 1.5

Adapun nilai R untuk fixed base dan isolated structure dapat dilihat pada SNI 1726:20012 pasal 12.5.4.2, selain itu perlu dikontrol perpindahan yang terjadi akibat base isolator.

### 3.3.9 Analisa Struktur (Isolation Structure)

Dilakukan analisa struktur dengan menggunakan *Base Isolation* dengan parameter-parameter desain yang telah dihitung sebelumnya.

Kontrol Simpangan dan Perpindahan (*Isolation Structure*)  
Kontrol desain dengan sistem isolasi (*Base Isolation*) meliputi:

1. Kontrol Perpindahan Base Isolator  
Kontrol perpindahan yang terjadi tidak boleh melebihi perpindahan rencana yang telah ditentukan pada pasal 12.5.3.1 SNI 1726:2012
2. Kontrol Simpangan Antar Tingkat  
Simpangan antar tingkat rencana harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah

tingkat yang ditinjau. Besarnya defleksi pada tingkat  $x$ ,  $\delta x$ , dapat dihitung dengan Persamaan (3.34) (SNI 1726:2012 pasal 7.8.6). Ilustrasi simpangan antar lantai ditunjukkan pada Gambar 3.5. Nilai simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin,  $h_{sx}$  pada Tabel 3.11

### 3. Kontrol Partisipasi Massa

Analisis harus dilakukan untuk menentukan modes alami dari getaran untuk struktur yang dianalisis. Analisis harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90% (SNI 1726:2012 pasal 7.9.1).

### 4 Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Nilai gaya geser dasar hasil analisis respons spektrum,  $V_t$ , sebaiknya tidak kurang dari 85% nilai gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen,  $V$ . Bila nilai  $V_t < V$ , nilai  $V_t$  harus dikalikan dengan 0,85  $V/V_t$  (SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1).

## 3.3.10 Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer

### 1. Balok Induk

Balok yang menerima beban lentur  $M_u$  harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.34)$$

Dimana :

$M_n$  = Momen nominal balok

$M_u$  = Momen ultimate yang terjadi

$\phi$  = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

### 1) Kontrol Penampang

Untuk Sayap (*flange*):

- Penampang kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ ):

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \leq \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.35)$$

- Penampang non kompak ( $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ ):

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.36)$$

Untuk Badan (*web*):

- Penampang kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ ):

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.37)$$

- Penampang non kompak ( $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ ):

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.38)$$

Dimana :

bf = Lebar sayap

tf = Tebal sayap

h = Tinggi profil

tw = Tebal pelat badan

fy = Kuat leleh profil baja

fr = Tegangan tekan residual pada plat sayap

## 2) Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lokal

Kelangsingan penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015.

a. Penampang kompak

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.39)$$

Penampang non kompak

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y \cdot S_x) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3.40)$$

b. Penampang langsing

$$M_n = \frac{0,9E k_c - S_x}{\lambda^2} \quad (3.41)$$

## 3) Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L. Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

- a. Bentang pendek:  $L_b \leq L_p$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.42)$$

- b. Bentang menengah:  $L_p < L_b < L_r$

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_p - 0,7 F_y S_x \cdot \left( \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.43)$$

- c. Bentang panjang :  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.44)$$

#### 4) Kekuatan Lentur Balok Komposit Dengan Penghubung Geser

Kekuatan lentur balok komposit dengan penghubung geser (shear connector) dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Kuat Lentur Positif

Sesuai SNI 1729-2015 pasal I2-a , kekuatan lentur positif desain,  $\phi M_n$  dan kekuatan lentur positif diizinkan  $M_n / \Omega$  , harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$\phi b = 0,9$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \leq 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.45)$$

$M_n$  harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh ( Momen Plastis ).

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \geq 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.46)$$

$M_n$  harus ditentukan dari superposisi tegangan elastis dengan memperhitungkan efek penopangan untuk keadaan batas leleh (momen leleh).

b. Kuat Lentur Negatif

Sesuai dengan SNI 1729-2015 pasal I2-b, Kekuatan lentur negative harus ditentukan untuk penampang baja sendiri menurut persyaratan Bab F, atau ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (momen plastis) dimana  $\phi_b = 0,9$ .

**5) Kekuatan Struktur Selama Pelaksanaan**

Bila penopang sementara tidak dipergunakan selama pelaksanaan, penampang baja harus memiliki kekuatan yang cukup untuk mendukung semua beban yang digunakan sebelum beton mencapai 75% dari kekuatan yang disyaratkan  $f'_c$ .

**6) Kuat Geser Rencana**

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu ( $V_n$ ) harus memenuhi:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.47)$$

Keterangan :

$\phi$  = Faktor tahanan = 0,90

$V_n$  = Tahanan geser nominal plat badan

Kekuatan geser nominal dari plat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah:

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v \quad (3.48)$$

Dengan ketentuan nilai  $C_v$  diambil sebagai berikut :

a. Bila  $\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Maka,  $C_v = 1.0$

b. Bila  $1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / f_y}}{h / t_w} \quad (3.49)$$

c. Bila  $h / t_w > 1.37 \sqrt{k_v E / f_y}$

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left( h / t_w \right)^2 f_y} \quad (3.50)$$

Koefisien tekuk geser plat badan,  $k_v$  untuk badan tanpa pengaku transversal ditentukan sebagai berikut:

$$h / t_w < 260 \quad (3.51)$$

Maka nilai  $k_v = 5.0$

Keterangan :

$A_w$  = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

$h$  = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

$t_w$  = Ketebalan badan

Sedangkan untuk balok komposit, yaitu balok yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban lentur, memiliki prinsip dasar perhitungan antara lain :

- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen positif balok
  - Tegangan tekan pada beton =  $0,85 f_c' \rightarrow$  merata
  - Tegangan pada baja =  $f_y \rightarrow$  tarik atau tekan : merata
- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen negatif balok
  - Tegangan tarik pada beton = 0
  - Tegangan tarik pada tulangan =  $f_{yr}$
  - Tegangan pada baja =  $f_y \rightarrow$  tekan atau tarik: merata.

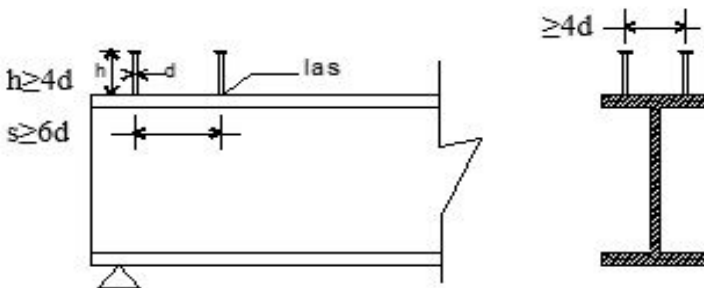


- Distribusi tegangan elastis → distribusi linear
- Tegangan maximum tekan pada berton =  $0,85 f_c'$
- Tegangan maximum pada baja =  $f_y$  → tekan atau Tarik

## 7) Shear Connector

a. Kekuatan *Shear-Connector* stud (paku)

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \left( \sqrt{f_c'} \cdot E_c \right) r_s \leq A_{sc} \cdot f_u \quad (3.52)$$



Gambar 3.6 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Stud

Dimana:

$r_s = 1,00$  untuk pelat beton biasa

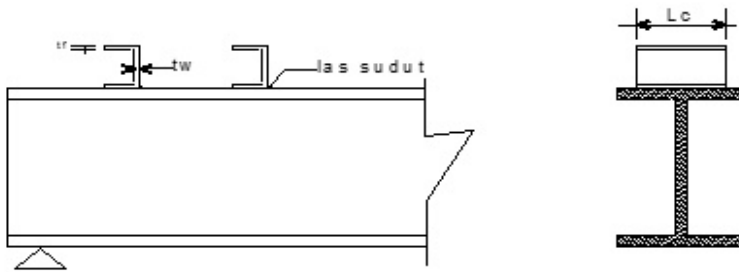
$r_s \leq 1,00$  untuk dek baja gelombang

$A_{sc} =$  luas penampang *Shear-Connector*  $\left( \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \right)$

$E_c =$  Modulus elastisitas beton

b. Kekuatan *Shear-Connector* baja kanal

$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5 t_w) L_c \sqrt{f_c'} \cdot E_c \quad (3.53)$$



Gambar 3.7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal

- c. Jumlah *Shear-Connector* yang dibutuhkan di sepanjang daerah tertentu

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (3.54)$$

Dimana:

$V_h$  = Gaya geser horizontal total pada bidang kontak antara balok baja dan pelat beton yang harus ditransfer *Shear-Connector*.

Gaya Geser Horizontal Total ( $=V_h$ ) → Pada Bidang Kontak Baja dengan Beton

- Pada daerah momen positif

Gaya geser horizontal total pada daerah  $M = 0$  dan  $M(+)$  maximum adalah nilai terkecil dari:

- 1)  $0,85 f'_c \cdot A_c \rightarrow$  beton
- 2)  $A_s \cdot f_y \rightarrow$  profil baja
- 3)  $\Sigma Q_n \rightarrow$  *shear connector*

- Pada daerah momen negatif

Gaya geser horizontal total pada daerah  $M = 0$  dan  $M(-)$  maximum adalah nilai terkecil dari:

- 1)  $A_r \cdot f_{yr}$
- 2)  $\Sigma Q_n$

Dimana:

$A_r$  = tulangan tarik pada pelat beton

$f_{yr}$  = tegangan leleh tulangan.

Pada balok komposit penuh, gaya geser horizontal total  $V_h$  ditentukan oleh kapasitas tekan beton atau kapasitas tarik profil baja/tulangan baja. Pada balok komposit parsial, gaya geser horizontal  $V_h$  ditentukan oleh kapasitas penghubung geser (nilai  $\Sigma Q_n$ ).

## 2. Kolom

Dalam perencanaan kolom, digunakan kolom komposit jenis *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) yang menerima gaya kombinasi normal dan lentur.

- Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 1\% \quad (3.55)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \times \sqrt{\frac{f_y}{3e}} \quad (3.56)$$

- Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFT

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sesuai dengan jenis profilnya yaitu:

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.57)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.58)$$

$$\lambda r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.59)$$

$$\lambda r = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.60)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi

- Untuk Penampang Kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.61)$$

Dengan

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.62)$$

- Untuk Penampang Non Kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.63)$$

Dengan

$$P_y = f_y A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.64)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.65)$$

Penampang Terisi Beton

$$f_{cr} = \frac{9 E_s}{(\frac{b}{t})^2} \quad (3.66)$$

- Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan,  $M_r$ , dan ketentuan aksial  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (3.67)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.68)$$

Keterangan :

$B_1$  = Pengali untuk menghilangkan efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

- $B_2$  = Pengali untuk menghilangkan efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur  
 $M_{lt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $M_{nt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $P_{lt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $P_{nt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK  
 $P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali B1 untuk efek  $P-\delta$

$$B1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.69)$$

Dengan,

$\alpha = 1$  (DFBK)

$C_m$  = Koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan dengan formula:

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M1}{M2} \right) \quad (3.70)$$

Dengan M1 dan M2 dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung bagian komponen.  $P_{e1}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.71)$$

Keterangan :

$EI$  = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ( $0,87EcEI$ ) bila digunakan dalam metode

analisis langsung dengan  $\tau c$  adalah seperti ditetapkan pada bab C SNI 03-1729-2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama

- E = Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa  
 I = Momen inersia bidang lentur, mm<sup>4</sup>  
 L = Panjang komponen struktur, mm  
 K1 = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung- ujung komponen struktur.

- Pengali B2 untuk efek P- $\delta$

$$B2 = \frac{1}{(1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}})} \quad (3.72)$$

Dengan,

$\alpha$  = 1 (DFBK)

$P_{story}$  = beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral.

$P_{e story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk sidesway, atau dengan rumusan:

$$P_{e story} = RM \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.73)$$

Dengan,

$$Rm = 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{storyv}} \right) \quad (3.74)$$

Dimana:

$L$  = Tinggi tingkat, mm

$P_{mf}$  = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen

$\Delta H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama

$H$  = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung  $\Delta H$ , N

- Momen Nominal

Balok yang menerima beban lentur  $M_u$  harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.75)$$

Dimana :

$M_n$  = Momen nominal balok

$M_u$  = Momen ultimate yang terjadi

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja di semua sisi:

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.76)$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.77)$$

$$\lambda_r = 1,40 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.78)$$

Untuk Komponen Struktur Berpenampang kotak/persegi

- Untuk Penampang Kompak

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z \quad (3.79)$$

- Untuk Penampang Nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left[ 3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right] \leq Mu \quad (3.80)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.81)$$

Dimana,

$S_e$  = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif  $b_e$ , dari sayap yang diambil sebesar:

$$b_e = 1,92 \cdot t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left( 1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.82)$$

- Kontrol Kombinasi Aksial dan Lentur

Perhitungan interaksi kekuatan aksial dan lentur diperhitungkan berdasarkan SNI 1729-2015 pasal I2 atau pasal H1.1

- Bila  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ , maka

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.83)$$

- Bila  $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$ , maka

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.84)$$

Dimana :

$P_r$  = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

$M_r$  = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

$\phi_c$  = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

$\phi_b$  = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90



$P_c = \phi_c P_n$  = Kekuatan aksial desain, N

$M_c = \phi_b M_n$  = Kekuatan lentur desain, Nmm

### 3.3.11 Perencanaan Sambungan

#### 3.3.11.1 Sambungan Baut

Perencanaan sambungan baut pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1729:2015 pasal J.3 secara lengkap.

- Kekuatan Tarik dan Geser dari Baut dan Bagian-Bagian Berulir

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.85)$$

$$R_n = F_u A_b \quad (3.86)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DFBK)}$$

- Kombinasi Gaya Tarik dan Geser dalam Sambungan Tipe Tumpuan

$$R_n = F_u A_t \quad (3.87)$$

$$F_u A_t = 1,3 F_u A_t - \frac{F_u A_t}{\phi F_u A_v} f_r v \leq F_u A_t \quad (3.88)$$

Dimana:

$F_u$  = Tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2

$F_u A_v$  = Tegangan geser dari tabel J3.2

$f_r v$  = Tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi DFBK

- Baut Kekuatan Tinggi dalam Sambungan Kritis Slip

$$R_n = \mu D_u h f T_b n_s \quad (3.89)$$

- Untuk lubang ukuran standar dan lubang slot pendek yang tegak lurus terhadap arah dari beban,  $\phi = 10$
- Untuk lubang ukuran berlebih dan lubang slot pendek yang paralel terhadap arah dari beban,  $\phi = 0,85$
- Untuk lubang slot panjang,  $\phi = 0,70$

Dimana:

- $\mu$  = Koefisien slip rata-rata untuk permukaan kelas A atau B yang sesuai atau seperti yang ditetapkan oleh pengujian
- $D_u$  = 1,13; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang diisyaratkan. Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.
- $T_b$  = Gaya tarik minimum sarana penyambung yang diberikan Tabel J3.1, kips atau J3.1M, kN.
- $h_f$  = faktor pengisi, ditentukan sebagai berikut:
- Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi,  $h_f = 1$
  - Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi:
    - Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung,  $h_f = 1$
    - Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung,  $h_f = 0,85$
- $N_s$  = Jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip.

- Untuk Pelelehan Geser dari Elemen

$$R_n = 0,60F_y A_{gv} ; \phi = 1 \quad (3.90)$$

$A_{gv}$  adalah luas bruto yang menahan geser ( $\text{mm}^2$ )

- Untuk Keruntuhan Geser dari Elemen

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} ; \phi = 0,75 \quad (3.91)$$

$A_{nv}$  adalah luas netto yang menahan geser ( $\text{mm}^2$ )

- Kekuatan Geser Blok

Kekuatan yang tersedia untuk keadaan batas keruntuhan blok geser sepanjang alur kegagalan geser atau alur-alur dan alur kegagalan tarik tegak lurus harus diambil sebesar:

$$R_n = 0,60F_uA_{nv} + U_{bs}F_uA_{nt} \leq 0,60F_yA_{gv} + U_{bs}F_uA_{nt} \quad (3.92)$$

Dimana:

Bila tegangan tarik adalah merata,  $U_{bs} = 1$ ; bila tegangan tarik tidak merata,  $U_{bs} = 0,5$ .

### 3.3.11.2 Sambungan Las

Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J2.4, kekuatan desain,  $\phi R_n$  harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan geser dan kekuatan logam las yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan berikut ini:

- Untuk Logam dasar

$$R_n = F_{nBW}A_{BM} \quad (3.93)$$

- Untuk Logam las

$$R_n = F_{nw}A_{we} \quad (3.94)$$

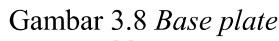
Dimana:

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, ksi (MPa)

$F_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las, ksi (MPa)

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar, in<sup>2</sup>. (mm<sup>2</sup>)

$A_{we}$  = luas efektif las, in<sup>2</sup> (mm<sup>2</sup>)



### Akibat beban Pu

### Akibat beban Mux

### Tekanan Maksimal

### Menentukan Mupl

$$M_{upl} = \left( fp(\max) - 2 fpb \frac{m}{N} \right) x \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 fpb \frac{m}{N} \right) \left( \frac{m^2}{3} \right) \quad (3.100)$$

Menentukan tebal *base plate*

$$t = \sqrt{\frac{4Mu_{pl}}{\phi f_y}} \quad (3.101)$$

### 3.3.12 Perencanaan *Basement* dan Pondasi

#### 3.3.12.1 Perencanaan *Basement*

##### 1. Definisi dinding *basement*

Dinding pada *basement* harus dirancang agar kokoh dan kuat terhadap tekanan tanah dan air. Dinding pada *basement* akan direncanakan sebagai *retaining wall*. Struktur *basement* direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan persyaratan sebagai berikut:

- Penulangan Dinding *Basement*

Penulangan dinding *basement* dihitung sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.

- Kontrol ketebalan Dinding *Basement*

Ketebalan dinding *basement* dikontrol sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.

- Penulangan Pelat Lantai *Basement*

- Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai *basement* dihitung sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013

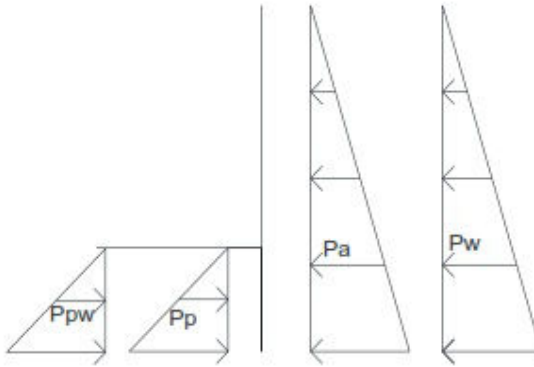
##### 2. Perhitungan Struktur dinding *basement*

- Analisa terhadap stabilitas global

Berdasarkan metode fellenius untuk kasus ini lingkaran gelincir dibagi menjadi beberapa segmen dan lereng tersebut merupakan lereng jangka panjang maka digunakan rumus untuk faktor keamanan, yaitu:

$$Fk = \frac{\Sigma \text{momen penahan}}{\Sigma \text{momen guling}} > 1 \quad (3.102)$$

- Analisa terhadap stabilitas lokal



Gambar 3.9 Tekanan aktif pasif tanah

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma h^2 Ka - 2cH\sqrt{Ka} \quad (3.103)$$

$$p = \frac{1}{2} \gamma h^2 Kp + 2cH\sqrt{Kp} \quad (3.104)$$

$$Pw = \frac{1}{2} \gamma_w h^2 \quad (3.105)$$

$$Fk = \frac{\Sigma \text{momen penahan}}{\Sigma \text{momen guling}} > 3 \quad (3.106)$$

### 3.3.12.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Akibat Beban

Untuk perhitungan daya dukung pondasi, beban terpusat dan momen di dapat dari output ETABS.

Tentukan letak masing-masing pondasi:

x = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu x

y = jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang terhadap sumbu y

Tentukan berapa beban terpusat dan momen yang terjadi:

Beban terpusat dan momen di dapat dari output ETABS dengan kombinasi beban sementara.

Daya dukung akibat beban

$$P_{\text{akibat beban}} = \frac{V}{n} + \frac{M_1 \times y_i}{\sum y^2} + \frac{M_2 \times x_i}{\sum x^2} \quad (3.107)$$

Dimana :

V = Gaya geser yang terjadi

n = Jumlah tiang

M<sub>1</sub> = Momen searah sumbu x

M<sub>2</sub> = Momen searah sumbu y

Kontrol terhadap daya dukung ijin tanah

Kontrol daya dukung akibat beban terhadap daya dukung ijin tanah:

$$P_{\text{ijin tanah}} > P_{\text{akibat beban}} \quad (3.108)$$

### 3.3.12.3 Perhitungan Penulangan Lentur dan Geser Pondasi

Untuk perhitungan penulangan lentur *bored pile*, beban terpusat dan momen di dapat dari output ETABS.

1. Penyusunan dan persentase tulangan lentur Jumlah tulangan dan diameter tulangan lentur didapat dari desain yang dilakukan di software pcaColumn.
2. Kontrol desain tulangan lentur
  - a. Luas tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.9.1, Luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 0,01 Ag dan lebih dari 0,08 Ag.

$$0,01 Ag \leq A_{st} \leq 0,08 Ag \quad (3.109)$$

Dimana:

$$A_{st} = n \times \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

A<sub>st</sub> = Luas total penampang longitudinal

n = Jumlah tulangan

d = Diameter tulangan longitudinal yang direncanakan

$$A_g = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

A<sub>g</sub> = Luas bruto penampang beton

d = Diameter tiang bored pile

## b. Rasio tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 23.3.2, Kriteria rasio tulangan adalah 1%-6%, semakin kecil nilai rasio tulangan maka tulangan baja semakin efisien. Jadi, hasil output dari perencanaan menggunakan pcaColumn harus memenuhi persyaratan tersebut.

## c. Batas spasi

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 7.6.3, Jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 40mm. Jadi, hasil output dari perencanaan menggunakan pcaColumn harus memenuhi persyaratan tersebut.

## 3. Perencanaan penulangan geser bored pile

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.9.3 Rasio volume tulangan spiral yang direncanakan:

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (3.110)$$

Dimana:

$$A_g = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$A_g$  = Luas bruto penampang beton

$$A_{ch} = \frac{1}{4} \pi \times \{d - (2 \times \text{decking})\}^2$$

$A_{ch}$  = Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal

$d$  = Diameter tiang bored pile

$f'_c$  = Kuat tekan beton

$f_{yt}$  = Kuat leleh tulangan transversal

Rencanakan diameter tulangan transversal, kontrol jarak luas tulangan transversal:

$$S = \frac{A_s \times \pi \times (D_c - d_b)}{\frac{\pi}{4} \times D_c^2 \times \rho_s} < 150 \text{ mm} \quad (3.111)$$



Dimana:

$$A_s = \frac{1}{4} \pi \times db^2$$

$A_s$  = Luas tulangan transversal

$db$  = Diameter tulangan transversal yang direncanakan

$$D_c = \{d - (2 \times \text{decking})\}$$

$d$  = Diameter tiang bored pile

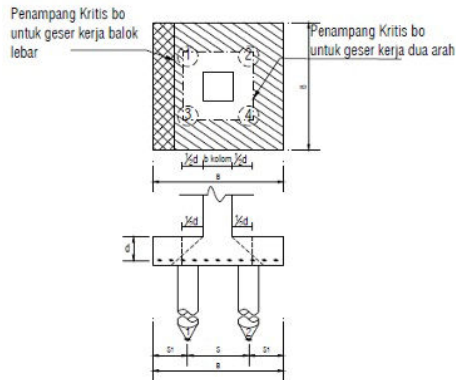
### 3.3.12.4 Perencanaan Poer

1. Kontrol tebal minimum poer

Menurut (SNI, 2013) tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

2. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah. Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka kolom yang dipikul pondasi.



Gambar 3.10 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban kolom

3. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.112)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.113)$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.114)$$

4. Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.115)$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.116)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.117)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.118)$$

Dimana :

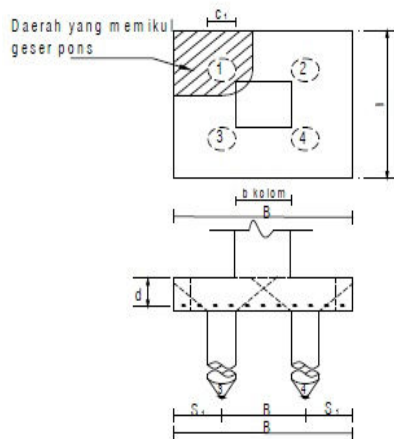
$B_c$  = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

$\alpha$  = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

- = 20 untuk kolom sudut
- B0 = Parameter penampang kritis
- d = Tinggi manfaat pelat
5. Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari bored pile

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar bored pile yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka bored pile, yang mengelilingi bored pile yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak bored pile ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter bored pile tersebut. Gambar 3.11 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial bored pile pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3.11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Bored pile

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.119)$$

Jika,

$V_u < \phi V_c$  (tidak perlu tulangan geser)

$V_u > \phi V_c$  (tebal poer tidak mencukupi)

Dimana  $V_c$  diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.120)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.121)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.122)$$

### 3.3.13 Penggambaran Teknik

Hasil analisa struktur divisualisasikan dalam gambar teknik. Penggambaran hasil perencanaan akan menggunakan program bantu.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Struktur Sekunder**

##### **4.1.1 Perencanaan Pelat**

Pelat pada gedung ini direncanakan pelat satu arah dan menggunakan dek baja gelombang dari *Super floor Deck* dengan data sebagai berikut:

- Tebal = 0,75 mm
- Berat = 10,1 kg/m<sup>2</sup>
- Mutu baja tulangan U-48 ( $f_y = 4800 \text{ kg/cm}^2$ )

##### **4.1.1.1 Perencanaan pelat atap**

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban Mati
  - Berat aspal 2 cm (2x14) = 28 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat plafon + penggantung (11+7) = 18 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat MEP = 25 kg/m<sup>2</sup> +
  - Total ( $q_D$ ) = 71 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup
  - Lantai atap (0,96 kN/m<sup>2</sup>) = 97,893 kg/m<sup>2</sup>
  - Total ( $q_L$ ) = 97,893 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Berguna
$$\begin{aligned} q_u &= q_D + q_L \\ &= 71 + 97,893 \\ &= 168,893 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$
- Data-data perencanaan pelat bondek
  - Bentang = 2.66 m
  - Beban berguna = 200 kg/m<sup>2</sup>

- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat = 9 cm dan tulangan negatif ( $A_s \text{ min}$ ) =  $2,09 \text{ cm}^2/\text{m}$ . Digunakan wiremesh PT. Union Metal dengan mutu U-50
- Menentukan tulangan negatif
- Konversi tulangan
 
$$A_s \text{ pakai} = 2,09 \times \frac{4800}{5000} = 2,006 \text{ cm}^2/\text{m}$$
- Menentukan wiremesh pakai  
 Dari Tabel Wiremesh produksi PT. Union Metal didapatkan menggunakan M8-200 mm ( $A_s = 2,01 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 Sehingga, dipasang tulangan negatif M8-200 mm.

#### 4.1.1.2 Perencanaan pelat lantai

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban Mati
  - Berat spesi 2 cm  $= 42 \text{ kg/m}^2$
  - Berat keramik  $= 24 \text{ kg/m}^2$
  - Berat plafon + penggantung (11+7)  $= 18 \text{ kg/m}^2$
  - Berat MEP  $= 25 \text{ kg/m}^2 +$
  - Total ( $q_D$ )  $= 109 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup
  - Lantai apartemen ( $1,92 \text{ kN/m}^2$ )  $= 195.785 \text{ kg/m}^2$
  - Total ( $q_L$ )  $= 195.785 \text{ kg/m}^2$
- Beban Berguna
  - $q_U = q_D + q_L$   
 $= 109 + 195.785$   
 $= 304,785 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

- Data-data perencanaan pelat bondek
  - Bentang = 4.62 m
  - Beban berguna = 400 kg/m<sup>2</sup>
  - Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat = 15 cm dan tulangan negatif ( $A_s$  min) = 6.58 cm<sup>2</sup>/m. Digunakan wiremesh PT. Union Metal dengan mutu U-50
- Menentukan tulangan negatif
  - Konversi tulangan
 
$$A_s \text{ pakai} = 6,58 \times \frac{4800}{5000} = 5,95 \text{ cm}^2/\text{m}$$
  - Menentukan wiremesh pakai  
Dari Tabel Wiremesh produksi PT. Union Metal didapatkan menggunakan M10-100 mm.
  - Sehingga, dipasang tulangan negatif M10-100 mm.

#### 4.1.1.3 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Lantai

Berikut hasil rekapitulasi perencanaan pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Lantai

Rekapitulasi Perencanaan Pelat Lantai							
Lokasi	Type	Bentang	Qs	Tebal	As (U-50)	Jumlah	Tulangan
		(mm)	(kg/m <sup>2</sup> )	(cm)	(cm <sup>2</sup> /m)	(n)	
Atap	S1	4625	200	15	4.70	10	M 8 - 100 mm
Atap	S2	2660	200	9	2.01	4	M 8 - 200 mm
Atap	S3	2025	200	9	3.53	8	M 8 - 100 mm
Atap	S4	3325	200	9	1.66	4	M 8 - 200 mm
Atap	S5	4625	200	15	5.95	8	M 10 - 100 mm
Lantai	S6	4625	400	15	5.95	8	M 10 - 100 mm
Lantai	S7	2660	600	11	3.05	7	M 8 - 100 mm
Lantai	S8	2025	600	9	3.16	7	M 8 - 100 mm
Lantai	S9	3325	600	13	5.41	7	M 10 - 100 mm
Lantai	S10	3083	600	13	3.67	8	M 8 - 100 mm
Lantai	S11	4625	500	12	3.52	8	M 8 - 100 mm
Lantai	S12	1850	500	9	2.29	5	M 8 - 150 mm
Lantai	S13	2660	500	10	2.99	6	M 8 - 150 mm
Lantai	S14	3080	400	10	3.69	8	M 8 - 100 mm
Lantai	S15	4225	400	14	2.29	5	M 8 - 150 mm
Lantai	S16	2660	400	9	2.90	6	M 8 - 150 mm
Lantai	S17	3083	400	10	3.69	8	M 8 - 100 mm
Lantai	S18	3083	600	13	3.67	8	M 8 - 100 mm
Lantai	S19	3083	600	13	4.64	6	M 10 - 150 mm
Lantai	S20	3083	600	13	3.65	8	M 8 - 100 mm
Lantai	S21	3400	600	13	5.41	7	M 10 - 100 mm
Lantai	S22	3400	600	13	4.28	9	M 8 - 100 mm

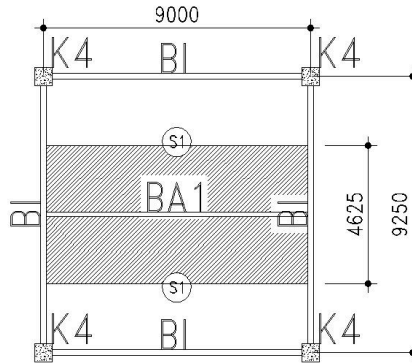
#### 4.1.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak memiliki fungsi untuk menerima beban dari pelat lantai lalu meneruskan serta membagi beban yang dipikul ke balok induk. Balok anak direncanakan sebagai struktur sekunder, sehingga didalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa.

##### 4.1.2.1 Perencanaan Balok Anak 1 (Atap)

Balok anak 1 direncanakan dengan panjang 9 m. Balok anak 1 yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 4.6.





Gambar 4.1 Balok Anak Atap yang Direncanakan

Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 400x300x9x14, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 94.3 \text{ kg/m}$	$r = 22 \text{ mm}$	$h = d-2(t_f+r)$
$A = 120.1 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1740 \text{ cm}^3$	$= 314 \text{ mm}$
$d = 386 \text{ mm}$	$Z_y = 418 \text{ cm}^3$	$S_x = 1740 \text{ cm}^3$
$b_f = 299 \text{ mm}$	$i_x = 16.7 \text{ cm}$	$S_y = 418 \text{ cm}^3$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$i_y = 7.21 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$I_x = 33700 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 6240 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

#### 1. Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013.

• Beban Mati	
○ Berat pelat bondek	$= 10.1 \text{ kg/m}^2$
○ Berat beton (0.15x2400)	$= 360 \text{ kg/m}^2$
○ Berat aspal 2 cm (2x14)	$= 28 \text{ kg/m}^2$
○ Berat plafon + penggantung (11+7)	$= 18 \text{ kg/m}^2$
○ Berat MEP	$= 25 \text{ kg/m}^2 +$
Total	$= 441.1 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 &\text{Berat perhitungan pelat lantai} \\
 &\text{Total x lebar pelat} = 441.1 \times 4.625 = 2040.09 \text{ kg/m} \\
 &\text{Berat profil} = 94.30 \text{ kg/m} + \\
 &= 2134.39 \text{ kg/m} \\
 &\text{Sambungan (10\%)} = 213.44 \text{ kg/m} + \\
 &\text{Total (q}_D\text{)} = 2347.83 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- **Beban Hidup**  
 Lantai atap ( $97,893 \times 4.625$ ) = 452.75 kg/m  
 Total ( $q_L$ ) = 452.75 kg/m

- **Beban Berfaktor**  
 $q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(2347.83) + 1,6(452.75)$   
 $= 3541.80 \text{ kg/m}$

2. Gaya dalam pada balok anak atap

- **Momen yang terjadi**  
 $M_u = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3541.80 \times 9^2 = 35860.702 \text{ kgm}$

- **Gaya geser yang terjadi**  
 $V_u = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 3541.80 \times 9 = 15938.09 \text{ kg}$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- **Pelat sayap**  
 $\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{299}{2 \times 14} = 10.679$   
 $\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

- **Pelat badan**  
 $\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42.89$   
 $\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$   
 $\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 1845.6 \times 2500 = 4613903 \text{ kgcm}$$

$$\mu \leq \phi_b M_n$$

$$35860.702 \leq 0.9 \times 46139.03$$

$$35860.702 \text{ kgm} \leq 41525.123 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah jarak shear connector sesuai spesifikasi pada perencanaan bondek maka,

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 358.9 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b \text{ (Bentang Pendek)}$$

Karena termasuk bentang pendek maka,

$$M_n = M_p = 46139.03 \text{ kgm}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42.89$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 38.6 \times 0.9 \times 1$$

$$= 52110 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 V_n$$

$$15938.09 \text{ kg} \leq 52110 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

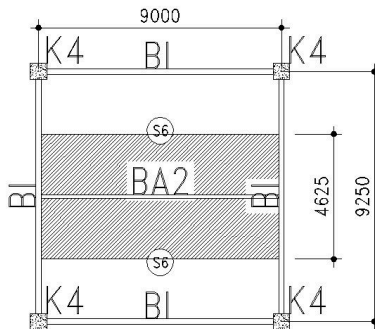
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{9}{360} = 3.75 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L).L^4}{E.I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(28.01) \times 900^4}{2000000 \times 33700} = 3.55 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 3.55 \text{ cm} < 3.75 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.2.2 Perencanaan Balok Anak 2

Balok anak lantai direncanakan dengan panjang 4.625 m. Balok lantai atap yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.2 Balok Anak Lantai yang Direncanakan

Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 500x300x11x18, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 128 \text{ kg/m}$	$r = 26 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 163.5 \text{ cm}^2$	$Z_x = 3099.8 \text{ cm}^3$	$= 400 \text{ mm}$
$d = 488 \text{ mm}$	$Z_y = 823.7 \text{ cm}^3$	$S_x = 2910 \text{ cm}^3$
$b_f = 300 \text{ mm}$	$i_x = 20.8 \text{ cm}$	$S_y = 541 \text{ cm}^3$
$t_w = 11 \text{ mm}$	$i_y = 7.04 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 18 \text{ mm}$	$I_x = 71000 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 8110 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

#### 1. Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai apartemen ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban Mati
  - Berat pelat bondek  $= 10.1 \text{ kg/m}^2$
  - Berat beton (0.15x2400)  $= 360 \text{ kg/m}^2$

○ Berat spesi 2 cm	= 42 kg/m <sup>2</sup>
○ Berat keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>
○ Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m <sup>2</sup>
○ Berat MEP	= 25 kg/m <sup>2</sup> +
Total	= 479.1 kg/m <sup>2</sup>
Total x lebar pelat = 479.1 x 4.625	= 2215.84 kg/m
Berat profil	= 128 kg/m +
	= 2343.84 kg/m
Sambungan (10%)	= 234.38 kg/m +
Total (q <sub>D</sub> )	= 2578.22 kg/m

- Beban Hidup  
Lantai apartemen (244.73x4.625) = 1131.88 kg/m  
Total (q<sub>L</sub>) = 1131.88 kg/m

- Beban Berfaktor  
 $q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(2578.22) + 1,6(1131.88)$   
= 4904.88 kg/m

2. Gaya dalam pada balok anak lantai

- Momen yang terjadi  
 $M_u = \frac{1}{8} q_U x L^2 = \frac{1}{8} x 4904.88 x 9^2 = 49661.921 \text{ kgm}$

- Gaya geser yang terjadi  
 $V_u = \frac{1}{2} q_U x L = \frac{1}{2} x 4904.88 x 9 = 22071.965 \text{ kg}$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap  
 $\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2x18} = 8.333$   
 $\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$   
 $\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

- Pelat badan  
 $\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{488}{11} = 44.364$

$$\lambda p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 3099.8 \times 2500 = 7749590 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$49661.921 \leq 0.9 \times 77495.9$$

$$49661.921 \text{ kgm} \leq 69746.31 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah jarak shear connector sesuai spesifikasi pada perencanaan bondek maka,

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 350.5 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b \text{ (Bentang Pendek)}$$

Karena termasuk bentang pendek maka,

$$M_n = M_p = 77495.9 \text{ kgm}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{488}{11} = 44.36$$

$$\lambda p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 48.8 \times 1.1 \times 1$$

$$= 80520 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 V_n$$

$$22071.965 \text{ kg} \leq 80520 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

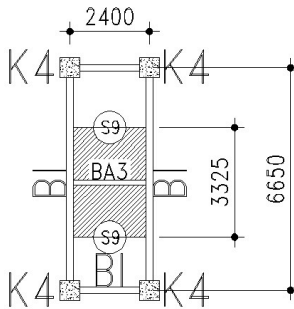
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.5 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(37.10) \times 900^4}{2000000 \times 71000} = 2.23 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 2.23 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.2.3 Perencanaan Balok Anak 3

Balok anak lantai direncanakan dengan panjang 3.08 m. Balok lantai atap yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.3 Balok Anak Lantai yang Direncanakan

Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 350x250x9x14, dengan data – data sebagai berikut:

$$W = 79.7 \text{ kg/m}$$

$$A = 101.5 \text{ cm}^2$$

$$d = 340 \text{ mm}$$

$$b_f = 250 \text{ mm}$$

$$t_w = 9 \text{ mm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$r = 20 \text{ mm}$$

$$Z_x = 1360 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 443.8 \text{ cm}^3$$

$$i_x = 14.6 \text{ cm}$$

$$i_y = 6 \text{ cm}$$

$$I_x = 21700 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 3650 \text{ cm}^4$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$= 272 \text{ mm}$$

$$S_x = 1280 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 292 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

### 1. Perhitungan Pembebanan

Peraturan pembebanan pada struktur balok anak lantai apartemen ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban Mati
    - Berat pelat bondek  $= 10.1 \text{ kg/m}^2$
    - Berat beton  $(0.13 \times 2400) = 312 \text{ kg/m}^2$
    - Berat spesi 2 cm  $= 42 \text{ kg/m}^2$
    - Berat keramik  $= 24 \text{ kg/m}^2$
    - Berat plafon + penggantung  $(11+7) = 18 \text{ kg/m}^2$
    - Berat MEP  $= 25 \text{ kg/m}^2 +$
    - Total  $= 431.1 \text{ kg/m}^2$
    - Total x lebar pelat  $= 431.1 \times 3.08 = 1327.79 \text{ kg/m}$
    - Berat profil  $= 79.7 \text{ kg/m} +$
    - $= 1407.488 \text{ kg/m}$
    - Sambungan (10%)  $= 140.75 \text{ kg/m} +$
    - Total ( $q_D$ )  $= 1548.24 \text{ kg/m}$
  - Beban Hidup
    - Lantai apartemen  $(488.44 \times 3.08) = 1504.41 \text{ kg/m}$
    - Total ( $q_L$ )  $= 1504.41 \text{ kg/m}$
  - Beban Berfaktor
    - $q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(1548.24) + 1,6(1504.41)$
    - $= 4264.94 \text{ kg/m}$
2. Gaya dalam pada balok anak lantai
- Momen yang terjadi
    - $M_u = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 4264.94 \times 6.4^2 = 21836.472 \text{ kgm}$
  - Gaya geser yang terjadi
    - $V_u = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 4264.94 \times 6.4 = 13647.795 \text{ kg}$
3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Pelat sayap
    - $\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 14} = 8.929$



$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{340}{9} = 37.778$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 1360 \times 2500 = 3400060 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$21836.472 \leq 0.9 \times 34000.6$$

$$21836.472 \text{ kgm} \leq 30600.54 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

Panjang tak terkekang ( $L_b$ ) adalah jarak shear connector sesuai spesifikasi pada perencanaan bondek maka,

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 298.7 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b \text{ (Bentang Pendek)}$$

Karena termasuk bentang pendek maka,

$$M_n = M_p = 34000.6 \text{ kgm}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{340}{9} = 37.778$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6F_y A_w C_v \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 34,0 \times 0,9 \times 1 \\
 &= 45900 \text{ kg} \\
 V_u &\leq \phi_v V_n \\
 V_u &\leq 1 V_n \\
 13647,795 \text{ kg} &\leq 45900 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

#### 5. Kontrol lendutan

$$L = 640 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{640}{360} = 1,778 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(30,53) \times 640^4}{2000000 \times 21700} = 1,54 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 1,54 \text{ cm} < 1,778 \text{ cm (OK)}$$

### 4.1.3 Perencanaan Balok *Lift*

Balok *lift* yang direncanakan merupakan balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* dan beban yang terjadi pada *lift* yang terdiri dari balok penggantung dan balok penumpang *lift*.

#### 4.1.3.1 Spesifikasi *lift* (Duplex)

*Lift* yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *lift* yang diproduksi oleh sigma elevator company dengan data sebagai berikut:

Tipe lift = General type duplex (standard)

Merek = Sigma

Kapasitas = 17 orang (1150 kg)

Lebar pintu = 1000 mm

*Car size* = 1800x1500 mm<sup>2</sup>

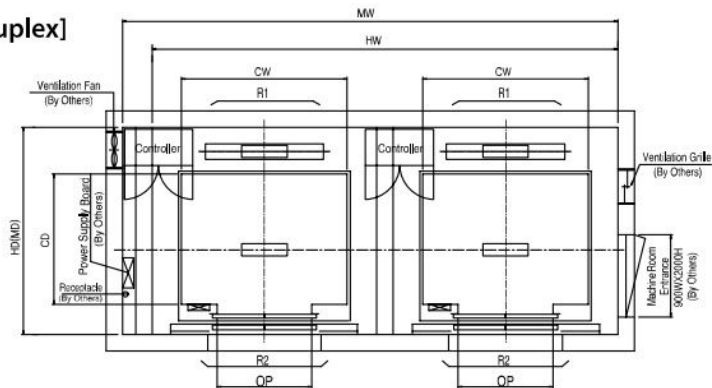
*Hostway size* = 4850x2200 mm<sup>2</sup>

Beban reaksi ruang mesin =

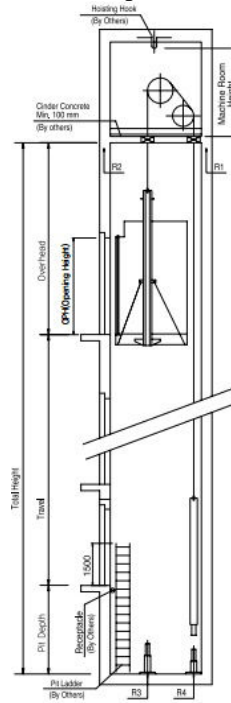
R1 = 8000 kg

R2 = 5200 kg

[Duplex]



Gambar 4.4 Spesifikasi Lift



Gambar 4.5 Potongan Lift

#### 4.1.3.2 Perencanaan balok penggantung *lift* (Duplex)

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 350x250x9x14, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 79.7 \text{ kg/m}$	$r = 20 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 101.5 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1360 \text{ cm}^3$	$= 272 \text{ mm}$
$d = 340 \text{ mm}$	$Z_y = 444 \text{ cm}^3$	$S_x = 1280 \text{ cm}^3$
$b_f = 250 \text{ mm}$	$i_x = 14.6 \text{ cm}$	$S_y = 292 \text{ cm}^3$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$i_y = 6 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$I_x = 21700 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 3650 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

##### 1. Perhitungan pembebanan

- Beban merata

- Beban mati

Berat profil balok penggantung *lift* =  $79.7 \text{ kg/m}$

Berat sambungan (10%) =  $7.97 \text{ kg/m}$

Total ( $q_D$ ) =  $87.67 \text{ kg/m}$

- Beban berfaktor

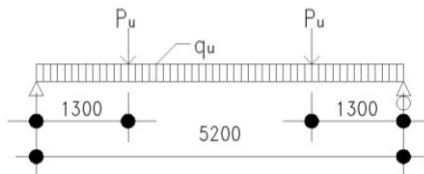
$q_U = 1.4q_D = 1.4 \times 87.67 = 122.738 \text{ kg/m}$

- Beban terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$P_{U1} = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 8000 (1 + 0.5) = 12000 \text{ kg}$

$P_{U2} = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 5200 (1 + 0.5) = 7800 \text{ kg}$



Gambar 4.6 Pembebanan Balok Penggantung *Lift*

2. Gaya dalam pada balok penggantung

- Momen yang terjadi

$$Mu = \frac{1}{8} x q_U x L^2 + P x a =$$

$$Mu = \frac{1}{8} x 122.738 x 4.9^2 + 12000 x 1.3 = 16014.85 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} x q_U x L + P =$$

$$Vu = \frac{1}{2} x 122.738 x 5.2 + 12000 = 12319.12 \text{ kg}$$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{250}{2x14} = 8.928$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{272}{9} = 30.222$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 1360 \times 2500 = 3400000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1601485 \leq 0.9 \times 3400000$$

$$1601485 \text{ kgcm} \leq 3060000 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 520 \text{ cm}$$

$$L_p = 298.682 \text{ cm}$$

$$L_r = 936.253 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r$  (Bentang Menengah)

$$M_{maks} = 16014,85 \text{ kgm}$$

$$M_A = 12011,14 \text{ kgm}$$

$$M_B = 16014,85 \text{ kgm}$$

$$M_C = 12011,14 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 \times 16014,85}{2,5 \times 19968,37 + 3 \times 12011,14 + 4 \times 16014,85 + 3 \times 12011,14}$$

$$= 1,14 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1,14 \left[ 3400000 - (3400000 - 0,7 \times 2500 \times 1280) \left( \frac{490 - 298,682}{936,253 - 298,682} \right) \right] < 3400000$$

3468085 kgcm  $\geq$  3400000 kgcm (Tidak OK), maka

$$M_n = M_p$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$1601485 \leq 0,9 \times 3400000$$

$$1601485 \text{ kgcm} \leq 3060000 \text{ kgcm (OK)}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{272}{9} = 30,222$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 27,2 \times 0,9 \times 1$$

$$= 36720 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 V_n$$

$$12319,12 \text{ kg} \leq 36720 \text{ kg (OK)}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 520 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{520}{360} = 1.444 \text{ cm} \\
 f^0 &= \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[ \frac{23PL^3}{648 \cdot E \cdot I_x} \right] = \\
 &= \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(0.8767) \cdot 520^4}{2000000 \cdot 21700} \right] + \left[ \frac{23 \cdot 12000 \cdot 520^3}{648 \cdot 2000000 \cdot 21700} \right] = 1.399 \text{ cm} \\
 f^0 &< f_{ijin} \rightarrow 1.399 \text{ cm} < 1.444 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.3.3 Spesifikasi lift (Simplex)

*Lift* yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *lift* yang diproduksi oleh sigma elevator company dengan data sebagai berikut:

Tipe lift = PM Gearless Elevator Iris NV

Merek = Sigma

Kapasitas = 24 orang (1600 kg)

Lebar pintu = 1100 mm

*Car size* = 2000x1750 mm<sup>2</sup>

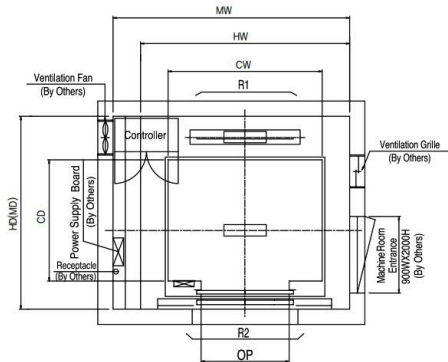
*Hostway size* = 2550x2450 mm<sup>2</sup>

Beban reaksi ruang mesin =

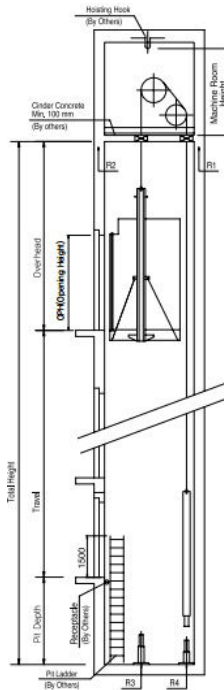
R1 = 10200 kg

R2 = 7000 kg

[Simplex]



Gambar 4.7 Spesifikasi Lift



Gambar 4.8 Potongan Lift

#### 4.1.3.4 Perencanaan balok penggantung *lift* (Simplex)

Balok penggantung *lift* direncanakan menggunakan profil WF 300x150x5.5x8, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 32 \text{ kg/m}$	$r = 13 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 40.8 \text{ cm}^2$	$Z_x = 455 \text{ cm}^3$	$= 256 \text{ mm}$
$d = 298 \text{ mm}$	$Z_y = 91 \text{ cm}^3$	$S_x = 424 \text{ cm}^3$
$b_f = 149 \text{ mm}$	$i_x = 12.4 \text{ cm}$	$S_y = 59.3 \text{ cm}^3$
$t_w = 5.5 \text{ mm}$	$i_y = 3.29 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$I_x = 6320 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 442 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

#### 1. Perhitungan pembebanan

- Beban merata



- Beban mati

Berat profil balok penggantung *lift* = 30 kg/m

Berat sambungan (10%) = 3.2 kg/m+

Total ( $q_D$ ) = 35.2 kg/m

- Beban berfaktor

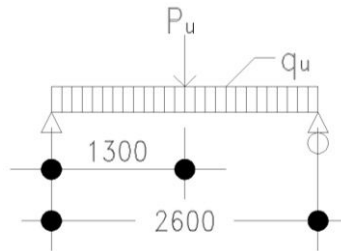
$$q_U = 1,4q_D = 1,4 \times 35,2 = 49,28 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$PU_1 = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 10200 (1+0.5) = 15300 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 7000 (1+0.5) = 10500 \text{ kg}$$



Gambar 4.9 Pembebanan Balok Penggantung *Lift*

2. Gaya dalam pada balok penggantung

- Momen yang terjadi

$$Mu = \frac{1}{8} x q_U x L^2 + \frac{1}{4} x P_U =$$

$$Mu = \frac{1}{8} x 49,28 x 2,6^2 + \frac{1}{4} x 15300 = 3866,642 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} x q_U x L + \frac{1}{2} x P_U$$

$$Vu = \frac{1}{2} x 49,28 x 2,6 + \frac{1}{2} x 15300 = 7714,064 \text{ kg}$$

## 3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{149}{2 \times 8} = 9.313$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{256}{5.5} = 51.273$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 455 \times 2500 = 1137500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$386664.2 \leq 0.9 \times 1137500$$

$$386664.2 \text{ kgcm} \leq 1023750 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 260 \text{ cm}$$

$$L_p = 163.77 \text{ cm}$$

$$L_r = 458.42 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 3866.642 \text{ kgm}$$

$$M_A = 1933.32 \text{ kgm}$$

$$M_B = 3866.642 \text{ kgm}$$

$$M_C = 1933.32 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 3866,642}{2,5 \times 3866,642 + 3 \times 1933,32 + 4 \times 3866,642 + 3 \times 1933,32}$$

$$= 1.316 \leq 2.3$$

$$\begin{aligned}
M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p \\
&= 1.316 \left[ 1137500 - (11375 - \right. \\
&\quad \left. 0,7 \times 2500 \times 424) \left( \frac{260 - 163,77}{458,42 - 163,77} \right) \right] < 1137500 \\
1326754.356 \text{ kgcm} &\geq 1137500 \text{ kgcm (Tidak OK), maka} \\
M_n &= M_p \\
M_u &\leq \phi_b M_n \\
386664.2 &\leq 0.9 \times 1137500 \\
386664.2 \text{ kgcm} &\leq 1023750 \text{ kgcm (OK)}
\end{aligned}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\begin{aligned}
\lambda &= \frac{h}{t_w} = \frac{256}{5.5} = 46.54 \\
\lambda_p &= 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356 \\
\frac{h}{t_w} &\leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0 \\
V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\
&= 0,6 \times 2500 \times 29.8 \times 0.55 \times 1 \\
&= 24585 \text{ kg} \\
V_u &\leq \phi_v V_n \\
V_u &\leq 1 V_n \\
7714.064 \text{ kg} &\leq 24585 \text{ kg (OK)}
\end{aligned}$$

5. Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}
L &= 260 \text{ cm} \\
f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{260}{360} = 0.722 \text{ cm} \\
f^0 &= \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[ \frac{23 P L^3}{648 \cdot E \cdot I_x} \right] = \\
&= \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(0.352) \cdot 260^4}{2000000 \cdot 38700} \right] + \left[ \frac{23 \cdot 15300 \cdot 260^3}{648 \cdot 2000000 \cdot 38700} \right] = 0.124 \text{ cm} \\
f^0 &< f_{ijin} \rightarrow 0.124 \text{ cm} < 0.722 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}
\end{aligned}$$

#### 4.1.4 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan yang ada di atasnya. Pada perencanaan ini, struktur tangga menggunakan konstruksi dari baja dengan menggunakan bondek.

##### 4.1.4.1 Tangga lantai apartemen

- Tinggi antar lantai ( $h$ ) = 3500 mm
- Panjang bordes = 2000 mm
- Panjang tangga = 3200 mm
- Lebar tangga = 1300 mm
- Lebar injakan ( $i$ ) = 300 mm
- Tinggi injakan ( $t$ ) = 150 mm
- Perhitungan jumlah injakan tangga

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{h/2}{t} = \frac{3500/2}{150} = 11.67 \approx 12$$

$$\text{Jumlah injakan} = \text{jumlah tanjakan} - 1 = 12 - 1 = 11$$

$$\circ \quad 60 \text{ cm} \leq (2(15) + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

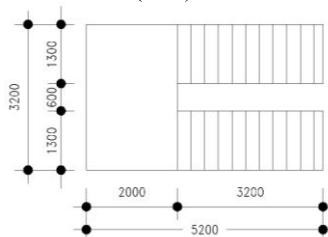
$$60 \text{ cm} \leq 60 \leq 65 \text{ cm (OK)}$$

$$\circ \quad 25^\circ < \alpha < 40^\circ$$

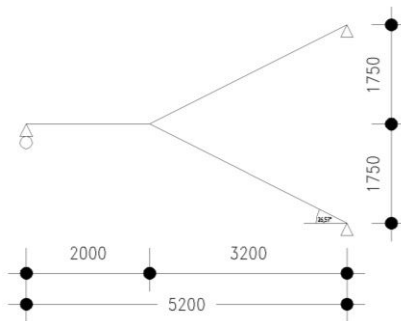
$$25^\circ < \arctan\left(\frac{\text{Tinggi Injakan } (i)}{\text{Lebar Injakan } (t)}\right) < 40^\circ$$

$$25^\circ < \arctan\left(\frac{0.3}{0.15}\right) < 40^\circ$$

$$25^\circ < 26.57^\circ < 40^\circ \text{ (OK)}$$



Gambar 4.10 Sketsa Denah Tangga



Gambar 4.11 Sketsa Potongan Tangga

#### 4.1.4.2 Perencanaan pelat anak tangga

Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$

Mutu baja BJ 41  $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$



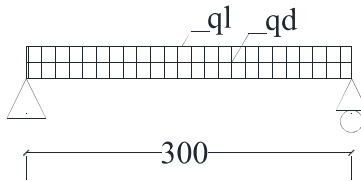
Gambar 4.12 Pelat Anak Tangga

##### 1. Perencanaan tebal pelat anak tangga

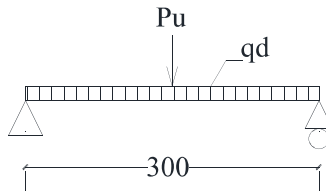
Direncanakan, anak tangga menggunakan pelat baja tebal 4 mm. Peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban mati =  
 Berat pelat =  $0,004 \times 1,3 \times 7850$   $= 40,82 \text{ kg/m}$   
 Sambungan = (10% Berat Pelat)  $= 4,082 \text{ kg/m} +$   
 Total ( $q_D$ ) =  $= 44,902 \text{ kg/m}$
- Beban hidup  
 Tangga dan jalan keluar  $= 488,44 \text{ kg/m}^2$   
 Beban hidup per meter =  $488,44 \times 1,3$   $= 635 \text{ kg/m}$

Beban hidup terpusat,  $P = 1,33 \text{ kN} = 135,6 \text{ kg}$



Gambar 4.13 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4.14 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 44,902 \times 0,3^2 = 0,505 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 635 \times 0,3^2 = 7,143 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 135,6 \times 0,3 = 10,172 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan :

$$M_D = 0,505 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = 10,172 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 0,505 + 1,6 \times 10,172 = 16,881 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 130 \times 0,4^2 = 5,2 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 5,2 \times 2500 = 13000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$16,881 \text{ kgm} \leq 0,9(130)$$

$$16,881 \text{ kgm} \leq 117 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 130 \times 0,4^3 = 0,693 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right] =$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(0,449) \cdot 30^4}{2000000 \cdot 0,693} \right] + \left[ \frac{1}{48} \times \frac{135,6 \cdot 30^3}{2000000 \cdot 0,693} \right] =$$

$$f^0 = 0,058 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,058 < 0,083 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

## 2. Perencanaan pengaku pelat anak tangga

Pengaku pelat anak tangga direncanakan dengan profil siku sama kaki L 50x50x7, dengan data sebagai berikut:

W = 5.15 kg/m	r = 7 mm	e = 1.49 cm
b = 50 mm	A = 6.56 cm <sup>2</sup>	f <sub>y</sub> = 250 Mpa
d = 7 mm	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub> = 14.6 cm <sup>4</sup>	f <sub>u</sub> = 410 Mpa
	i <sub>x</sub> = i <sub>y</sub> = 1.49 cm	E = 200000 Mpa

- Perhitungan pembebanan

- Beban mati (1/2 lebar injakan):

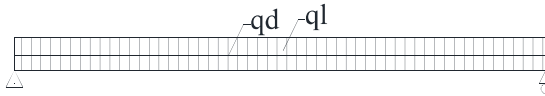
$$\text{Berat pelat} = 0,004 \times (0,3 \times 0,5) \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku sendiri} = \frac{5,15 \text{ kg/m}}{+} = 9,86 \text{ kg/m}$$

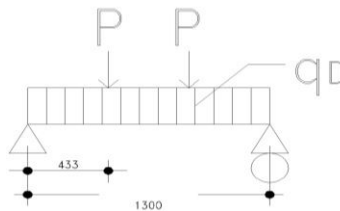
$$\text{Berat sambungan (10\%)} = 0,986 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} \quad q_D = 10,846 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (1/2 lebar injakan):  
Tangga dan jalan keluar ( $488,44 \times 0.15$ ) = 73.267 kg/m  
Beban terpusat (SNI 1727:2013 4.5.4) = 135,62 kg



Gambar 4.15 Pembebanan Pengaku Anak Tangga dengan Beban Hidup Terbagi Merata



Gambar 4.16 Pembebanan Pelat Anak Tangga dengan Beban Hidup Terpusat

- Perhitungan gaya dalam
$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 10,846 \times 1.3^2 = 2,291 \text{ kgm}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 73,267 \times 1.3^2 = 15,478 \text{ kgm}$$

$$M_{LP} = \frac{1}{3} \times P \times L = \frac{1}{3} \times 135,62 \times 1.3 = 58,77 \text{ kgm (Menentukan)}$$

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 10,846 \times 1,3 = 7,05 \text{ kg}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times 2 \times P = \frac{1}{2} \times 2 \times 135,62 = 135,62 \text{ kg}$$
- Perhitungan kombinasi pembebanan
$$M_U = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2(2,291) + 1,6(58,77) = 96,781 \text{ kgm}$$

$$V_U = 1,2V_D + 1,6V_L = 1,2(7,05) + 1,6(135,62) = 225,455 \text{ kg}$$



- Kontrol kuat momen lentur

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{7} = 7.142$$

$$\lambda p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15.274$$

$\lambda < \lambda p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$Z_x = (b - e) \times d \times \frac{b - e}{2} + e \times d \times \frac{e}{2} + (b - d) \times d \times \left( e - \frac{d}{2} \right)$$

$$Z_x = (50 - 14.9) \times 7 \times \frac{50 - 14.9}{2} + 14.9 \times 7 \times \frac{14.9}{2} + (50 - 7) \times 7 \times \left( 14.9 - \frac{7}{2} \right)$$

$$Z_x = 8520.47 \text{ mm}^3 = 8.52047 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x F_y = 8.52047 \times 2500 = 21301.18 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 M_n$$

$$96,781 \leq 0.9(213,0118)$$

$$96,781 \text{ kgm} \leq 192 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

- Kontrol kuat geser

Untuk profil siku tunggal, nilai  $K_v = 1,2$  (SNI 1729:2015 Pasal G4)

$$b - d \leq 1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$50 - 7 \leq 1,1 \sqrt{1,2 \frac{200000}{250}}$$

$$6.143 \leq 34.082$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 5 \times 0.7 \times 1 = 5250 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 0.9 V_n$$

$$225,455 \leq 0.9(5250)$$

$$225,455 \text{ kg} \leq 4725 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 130 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{130}{240} = 0.542 \text{ cm}$$

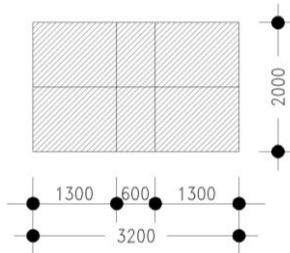
$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D).L^4}{E.I_x} \right] + \left[ \frac{23}{684} \times \frac{P.L^3}{E.I_x} \right] =$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(0,10846).130^4}{2000000.14,6} \right] + \left[ \frac{23}{684} \times \frac{135,62.130^3}{2000000.14,6} \right] =$$

$$f^0 = 0.357 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.357 < 0.542 \text{ cm} \rightarrow (\text{OK})$$

#### 4.1.4.3 Perencanaan bordes



Gambar 4.17 Pelat Bordes dan Pembagian Balok Bordes

##### 1. Perencanaan tebal pelat bordes

Direncanakan, anak tangga menggunakan pelat baja tebal 6 mm. Peraturan pembebanan pada struktur pelat anak tangga ini menggunakan SNI 1727-2013

- Beban mati =

$$\text{Berat pelat} = 0,0012 \times 1,3 \times 7850 = 122,46 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = (10\% \text{ Berat Pelat}) = 12,246 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total } (q_D) = 134,706 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Tangga dan jalan keluar} = 488,44 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup per meter} = 488,44 \times 1,3 = 635 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan gaya dalam

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 134,706 \times (2/2)^2 = 16,84 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 635 \times (2/2)^2 = 79,37 \text{ kg.m}$$

Maka, yang menentukan

$$M_D = 16,84 \text{ kg.m}$$

$$M_{LP} = 79,37 \text{ kg.m}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_{LP} = 1,2 \times 16,84 + 1,6 \times 79,37 = 147,20 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 130 \times 1,2^2 = 46,8 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 46,8 \times 2500 = 117000 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0,9 M_n$$

$$147,20 \text{ kgm} \leq 0,9(1170)$$

$$147,20 \text{ kgm} \leq 1053 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{100}{360} = 0,278 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 130 \times 1,2^3 = 18,72 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right] = \left[ \frac{5}{384} \times \frac{(7,69706) \cdot 100^4}{2000000 \cdot 18,72} \right]$$

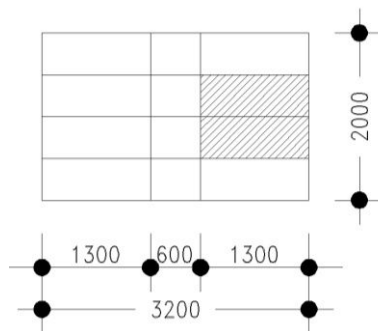
$$f^0 = 0,268 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,268 < 0,278 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

## 2. Perencanaan balok bordes

Balok bordes direncanakan menggunakan profil WF 100x50x5x7, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 9.3 \text{ kg/m}$	$r = 8 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 11.85 \text{ cm}^2$	$Z_x = 42 \text{ cm}^3$	$= 70 \text{ mm}$
$d = 100 \text{ mm}$	$Z_y = 9 \text{ cm}^3$	$S_x = 37.5 \text{ cm}^3$
$b_f = 50 \text{ mm}$	$i_x = 3.98 \text{ cm}$	$S_y = 5.91 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 1.12 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 7 \text{ mm}$	$I_x = 187 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 14.8 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$



Gambar 4.18 Balok Bordes Tangga

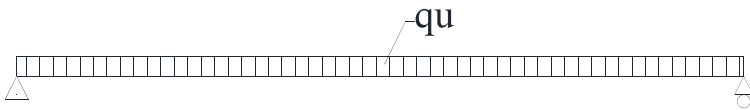
- Perhitungan pembebanan
  - Beban Mati
 

Berat pelat $= 0.012 \times 7850$	$= 94,2 \text{ kg/m}^2$
Pelat x lebar pelat $= 94,2 \times 1 \text{ m}$	$= 94,2 \text{ kg/m}$
Berat profil	$= 9,3 \text{ kg/m} +$
	$= 103,5 \text{ kg/m}$
Sambungan (10%)	$= 10,35 \text{ kg/m} +$
Total ( $q_D$ )	$= 113,85 \text{ kg/m}$
  - Beban hidup
 

Tangga dan jalan keluar $(488,44 \times 1)$	$= 488,4 \text{ kg/m}$
---	------------------------
  - Beban Berfaktor
 

$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2 \times 113,85 + 1,6 \times 488,4$	
--	--

$$= 918,13 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.19 Pembebanan Pada Balok Bordes

- Gaya dalam pada balok anak lantai
- Momen yang terjadi
 
$$Mu = \frac{1}{8} x q_U x L^2 = \frac{1}{8} x 918,13 x 1,3^2 = 193,96 \text{ kgm}$$
- Gaya geser yang terjadi
 
$$Vu = \frac{1}{2} x q_U x L = \frac{1}{2} x 918,13 x 1,3 = 596,78 \text{ kg}$$
- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
- Pelat sayap
 
$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2x7} = 3.571$$

$$\lambda p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\lambda < \lambda p \text{ (Penampang kompak)}$$
- Pelat badan
 
$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$$\lambda < \lambda p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$   
 $M_n = Z_x \cdot F_y = 41,8 \times 2500 = 104500 \text{ kgcm}$   
 $M_u \leq \phi_b M_n$   
 $M_u \leq 0.9 \times 104500$   
 $19396 \text{ kgcm} \leq 94050 \text{ kgcm (OK)}$
- Kontrol Tekuk Lateral
 
$$L_b = 130 \text{ cm}$$

$$L_p = 55.754 \text{ cm}$$

$$L_r = 286.927 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (Bentang Menengah)}$$

$$M_{maks} = 193,96 \text{ kgm}$$

$$M_A = 145,47 \text{ kgm}$$

$$M_B = 193,96 \text{ kgm}$$

$$M_C = 145,47 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5 \times 193,96}{2,5 \times 193,96 + 3 \times 145,47 + 4 \times 193,96 + 3 \times 145,47}$$

$$= 1.1136 \leq 2.3$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$= 1.136 \left[ 104500 - (104500 - 0,7 \times 2500 \times 37,5) \left( \frac{130 - 55.754}{286.927 - 55.754} \right) \right] < 104500$$

$$104561,9183 > 104500 \text{ kgcm (Tidak OK), maka } M_n = M_p$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$M_u \leq 0.9 \times 104500$$

$$19396 \leq 94050 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 7.6 \times 0.5 \times 1$$

$$= 5700 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$V_u \leq 1 \times 5700$$

$$596,78 \text{ kg} \leq 5700 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 130 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{130}{240} = 0.542 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{6,0225 \times 130^4}{2000000 \times 187} = 0.060 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.0355 \text{ cm} < 0.375 \text{ cm} \rightarrow (\text{OK})$$

#### 4.1.4.4 Perencanaan balok utama tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250x125x5x8 dengan data-data sebagai berikut:

W = 25.7 kg/m	r = 12 mm	h = d-2(t <sub>r</sub> +r)
A = 32.68 cm <sup>2</sup>	Z <sub>x</sub> = 305 cm <sup>3</sup>	= 208 mm
d = 248 mm	Z <sub>y</sub> = 63 cm <sup>3</sup>	S <sub>x</sub> = 285 cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub> = 124 mm	i <sub>x</sub> = 10.4 cm	S <sub>y</sub> = 41.1 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub> = 5 mm	i <sub>y</sub> = 2.79 cm	f <sub>y</sub> = 250 Mpa
t <sub>f</sub> = 8 mm	I <sub>x</sub> = 3540 cm <sup>4</sup>	f <sub>u</sub> = 410 Mpa
	I <sub>y</sub> = 255 cm <sup>4</sup>	E = 200000 Mpa

- Perhitungan pembebanan
  - Bidang miring
  - Beban mati
 

Berat pelat (0.004x7850x1.3/2)	= 20,41 kg/m
<i>Hand rail</i>	= 20 kg/m
Berat profil siku (2x5.15)	= 10,3 kg/m
Berat profil balok utama (25.7/cos(26,57°))	<u>= 28.73 kg/m +</u>
	<u>= 79,44 kg/m</u>
Sambungan (10%)	<u>= 7,944 kg/m +</u>
Total (q <sub>D1</sub> )	<u>= 87,39 kg/m</u>
  - Beban hidup (q<sub>L1</sub>)
 

Tangga dan jalan keluar (488,4x((1.3/2)/cos(26,57°)))	= 355 kg/m
--	------------

- Beban Berfaktor

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2q_{D1} + 1,6q_{L1} \\ &= 1,2 \times 87,39 + 1,6 \times 355 \\ &= 672,81 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Bidang horizontal

- Beban mati

<i>Hand rail</i>	= 20 kg/m
Berat bordes (0,012x(2/1)x7850)	= 94,2 kg/m
Berat profil balok utama (berat)	= 25,7 kg/m +
	<u>= 139,9 kg/m</u>
Sambungan (10%)	= 13,99 kg/m +
Total (q <sub>D2</sub> )	<u>= 153,89 kg/m</u>

- Beban hidup (q<sub>L2</sub>)

Tangga dan jalan keluar (488,4x2/1)	= 488,4 kg/m
-------------------------------------	--------------

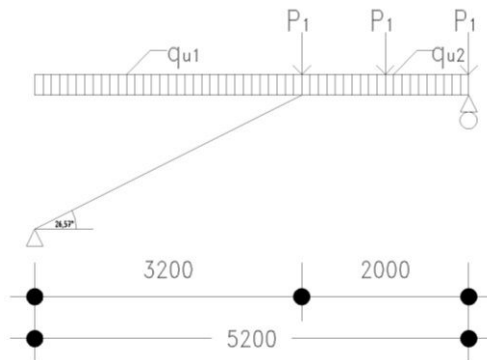
- Beban Berfaktor

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2q_{D2} + 1,6q_{L2} \\ &= 1,2 \times 153,89 + 1,6 \times 488,4 \\ &= 966,18 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup Terpusat akibat balok bordes

$$P_L = W_{\text{balok bordes}} \times (2/1) = 9,3 \times 1 = 9,3 \text{ kg}$$





Gambar 4.20 Pembebanan pada balok utama tangga

- Gaya dalam pada balok utama tangga

$$\Sigma M_a = 0$$

$$-R_b(5,2) + P_1(5,2) + P_1(4,2) + P_1(3,2) + q_{u1}(3,2)(3,2/2) + q_{u2}(2)((2/2) + 3,2) = 0$$

$$R_b = \frac{48,36 + 39,06 + 29,76 + 3444,7872 + 8115,912}{5,2}$$

$$R_b = 2245,746 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a(5,2) - q_{u1}(3,2)(3,2/2 + 2) - q_{u2}(2)(2/2) - P_1(2) - P_1(1) - P_1(0) = 0$$

$$-R_a = \frac{-7750,7712 - 1932,36 + 18,6 + 9,3 + 0}{5,2}$$

$$R_a = 1867,5 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = (R_a + R_b) - q_{u1} \times l_1 - q_{u2} \times l_2 - 3 \times P_1 = 0$$

$$\Sigma V = (1867,5 + 2245,746) - 672,81 \times 3,2 - 966,18 \times 2 - 3 \times 9,3 = 0 \text{ (OK)}$$

- Momen yang terjadi

- a - c:

$$M_x = R_a \cdot x - 0.5 \cdot q_{U1} \cdot x^2$$

$$= 1867,5 \cdot x - 0.5 \cdot 672,81 \cdot x^2$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 3,2 \text{ m}$$

$$M_c = 1867,5 \cdot 3,2 - 0.5 \cdot 672,81 \cdot 3,2^2$$

$$= 2531,223 \text{ kgm}$$

Momen maksimum terjadi apabila  $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = 1867,5 - 672,81 \cdot x = 0$$

$$X = 2,78 \text{ m}$$

$$M_{\max} = R_a \cdot X - 0.5 \cdot q_{U1} \cdot X^2 = 1867,5 \times 2,78 - 0.5 \times 672,81 \times 2,78^2 = 2591,79 \text{ kgm}$$

- b – d:

$$M_x = R_b \cdot x - 0.5 \cdot q_{U2} \cdot x^2 - P_1 \cdot x$$

$$= 1867,5 \cdot x - 0.5 \cdot 966,18 \cdot x^2 - P_1 \cdot x$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 1 \text{ m}$$

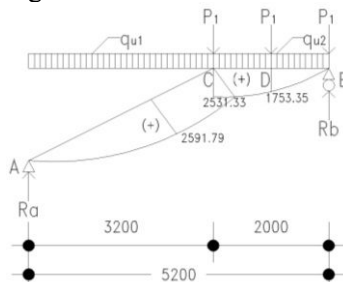
$$M_d = 1867,5 \cdot 1 - 0.5 \cdot 966,18 \cdot 1^2 - 9,3 \cdot 1$$

$$= 1753,35 \text{ kgm}$$

$$X = 2 \text{ m}$$

$$M_d = 1867,5 \cdot 2 - 0.5 \cdot 966,18 \cdot 2^2 - 9,3 \cdot 2$$

$$= 2531,22 \text{ kgm}$$



Gambar 4.21 Bidang Momen Balok Tangga Utama

- Gaya geser yang terjadi
- a – c:
 
$$D_x = R_a \cdot \cos(26.57^\circ) - q_{U1} \cdot x \cdot \cos(26.57^\circ)$$

$$= 1867,5 \cdot \cos(26.57^\circ) - 672,81 \cdot x \cdot \cos(26.57^\circ)$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_{A \text{ Ka}} = R_a \cdot \cos(26,57^\circ)$$

$$= 1867,5 \cdot \cos(26.57^\circ) = 1670,34 \text{ kg}$$

$$x = 3,2 \text{ m}$$

$$D_{C \text{ Ki}} = D_{A \text{ Ka}} - q_{U1} \cdot 3,2 \cdot \cos(26,57^\circ)$$

$$= 1670,34 - 672,81 \cdot 3,2 \cdot \cos(26,57^\circ) = -255,344 \text{ kg}$$
- b – d:
 
$$D_x = -R_b + q_{U2} \cdot x + P1$$

$$= -2245,746 + 966,18 \cdot x + 9,3$$

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_{b \text{ Ki}} = -2245,746 + 966,18 \cdot 0 + 9,3$$

$$= -2236,44 \text{ kg}$$

$$x = 1 \text{ m}$$

$$D_{d \text{ Ka}} = -2245,746 + 966,18 \cdot 1 + 9,3$$

$$= -1270,26 \text{ kg}$$
- d – c:
 
$$D_x = -R_b + q_{U2} \cdot (x+1) + P1 + P1$$

$$= -2245,746 + 966,18 \cdot (x+1) + 9,3 + 9,3$$

$$X = 0 \text{ m}$$

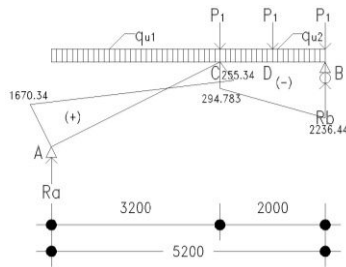
$$D_{d \text{ Ki}} = -2245,746 + 966,18 \cdot (x+0) + 9,3 + 9,3$$

$$= -1260,96 \text{ kg}$$

$$x = 1 \text{ m}$$

$$D_{c \text{ Ka}} = -2245,746 + 966,18 \cdot (x+1) + 9,3 + 9,3$$

$$= -294,783 \text{ kg}$$



Gambar 4.22 Bidang Geser Balok Tangga Utama

- Gaya Normal yang terjadi
- a – c:
 
$$N_x = -R_a \cdot \sin(26.57^\circ) - q_{u1} \cdot x \cdot \sin(26.57^\circ)$$

$$= -1867,5 \cdot \sin(26.57^\circ) - 672,81 \cdot x \cdot \sin(26.57^\circ)$$

$$N_x = 0 \text{ m}$$

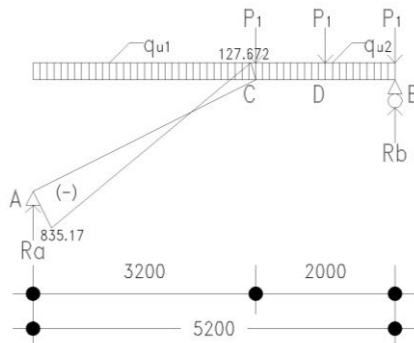
$$N_{A \text{ Ka}} = -1867,5 \cdot \sin(26.57^\circ) - 672,81 \cdot 0 \cdot \sin(26.57^\circ)$$

$$= -835,17 \text{ kg}$$

$$x = 3,2 \text{ m}$$

$$N_{C \text{ Ki}} = -1867,5 \cdot \sin(26.57^\circ) - 672,81 \cdot 3,2 \cdot \sin(26.57^\circ)$$

$$= 12,6718 \text{ kg}$$
- c – b:
 
$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.23 Bidang Normal Balok Tangga Utama

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7.75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 305,4 \times 2500 = 763500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$259179 \leq 0.9 \times 763500$$

$$259179 \leq 687060 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 15^2} = 33.54 \text{ cm}$$

$$L_p = 136.887 \text{ cm}$$

$$L_r = 404.55 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang pendek)}$$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 305,4 \times 2500 = 763500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$259179 \leq 0.9 \times 763500$$

$$259179 \leq 687060 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 24.8 \times 0.5 \times 1 = 18600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

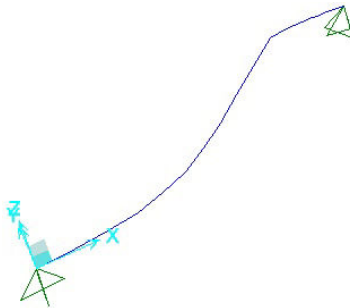
$$2245,7 \leq 18600 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = \sqrt{320^2 + 175^2} = 365 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{365}{360} = 1.01 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.112 \text{ cm} < 1.01 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$



Gambar 4.24 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

#### 4.1.4.5 Perencanaan balok penumpu tangga

Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 250x125x5x8, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 25.7 \text{ kg/m}$	$r = 12 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 32.68 \text{ cm}^2$	$Z_x = 305 \text{ cm}^3$	$= 208 \text{ mm}$
$d = 248 \text{ mm}$	$Z_y = 63 \text{ cm}^3$	$S_x = 285 \text{ cm}^3$
$b_f = 124 \text{ mm}$	$i_x = 10.4 \text{ cm}$	$S_y = 41.1 \text{ cm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$	$i_y = 2.79 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$I_x = 3540 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 255 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

- Perhitungan pembebanan

- Beban Mati

Berat dinding (0,5x3,5x59,50)

$$= 104,13$$

Berat profil balok utama (berat)

$$= \frac{25.7 \text{ kg/m} +}{}$$

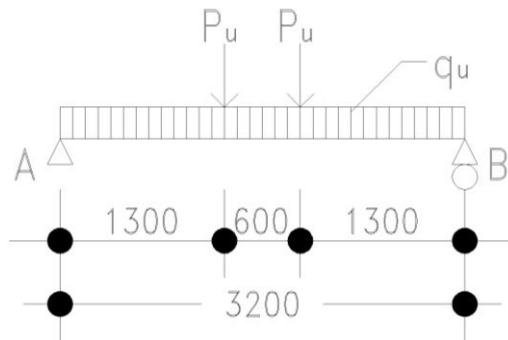
$$= 129,83 \text{ kg/m}$$

Sambungan (10%)

$$= \frac{12,983 \text{ kg/m} +}{}$$

Total ( $q_D$ )

$$= 142,81 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.25 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

- Gaya dalam pada balok penumpu

- Reaksi Perletakkan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$-R_{vb}(3,2) + R_b(1,9) + R_a(1,3) + qd(3,2)(3,2/2) = 0$$

$$R_{vb} = \frac{3548,25 + 2919,41 + 731,1872}{3,2}$$

$$R_{vb} = 2320,571 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a(3,2) - R_a(1,9) - R_b(1,3) - qd(3,2)(3,2/2) = 0$$

$$-R_{va} = \frac{-4266,83 - 2427,75 + 731,1872}{3,2}$$

$$R_{va} = 2249,65 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \cdot 3,2 = 0$$

$$\Sigma V = 2249,65 + 2320,571 - 1867,5 - 2245,7 - 456,992 = 0 \text{ (OK)}$$

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= R_{va}x \frac{L}{2} - \frac{1}{8}xq_UxL^2 - R_bx \frac{0,6}{2} \\ &= 2249,65x \frac{3,2}{2} - \frac{1}{2}x142,81x3,2^2 - 2245,7x \frac{0,6}{2} \\ &= 2194,544 \text{ kgm} \end{aligned}$$



- Gaya geser

$$Vu = -R_{vb} = -2320,571 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7.75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang kompak)}$$

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x F_y = 305,4 \times 2500 = 763500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2194,544 \leq 0.9 \times 763500$$

$$2194,544 \leq 687060 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 130 \text{ cm}$$

$$L_p = 136.887 \text{ cm}$$

$$L_r = 404.55 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \text{ (Bentang pendek)}$$

$$M_n = Z_x F_y = 305,4 \times 2500 = 763500 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$2194,544 \leq 0.9 \times 763500$$

$$2194,544 \leq 687060 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.357$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \times 24,8 \times 0,5 \times 1 \\ &= 18600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$2320,571 \leq 18600 \text{ kg (OK)}$$

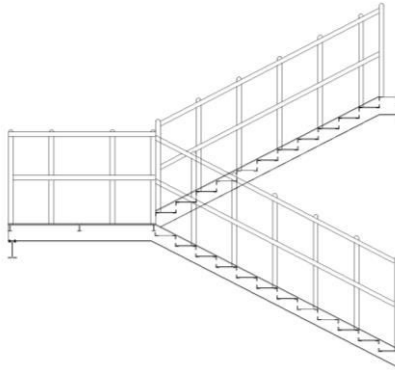
- Kontrol lendutan

$$L = 320 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{320}{360} = 0.89 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D) \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \left[ \frac{Pa}{24} \times \frac{(3L^2 - 4a^2)}{E \cdot I_x} \right] \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(1,4281) \cdot 320^4}{2000000 \times 3540} + \left[ \frac{2919,41}{24} \times \frac{(3 \times 320^2 - 4 \times 130^2)}{2000000 \times 3540} \right] \\ &= 0.0317 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.649 \text{ cm} < 0.89 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$



Gambar 4.26 Potongan Tangga

#### 4.1.4.6 Rekapitulasi Perencanaan Tangga

Berikut hasil rekapitulasi perencanaan tangga dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perencanaan Tangga

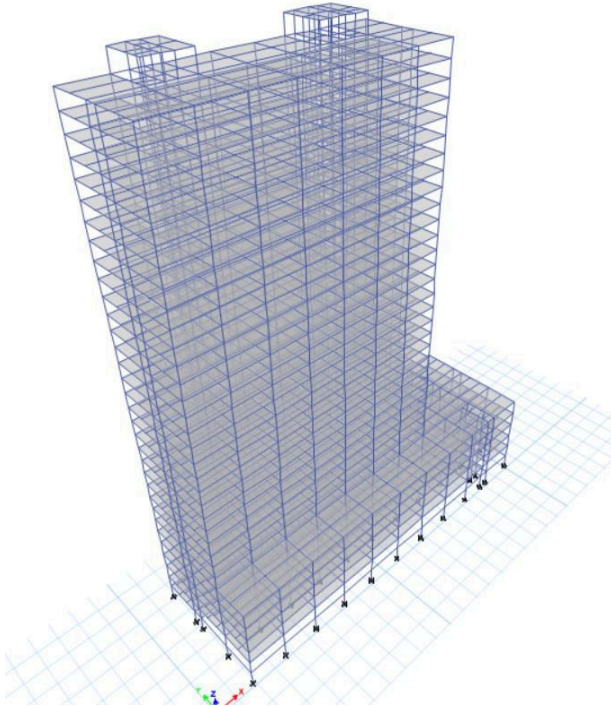
Keterangan	Tinggi antar lantai (h)		
	2 m	3,5 m	4 m
Lebar Injakan (i)	300 mm	300 mm	300 mm
Tinggi Injakan (t)	150 mm	150 mm	150 mm
Jumlah Tanjakan	12 buah	12 buah	12 buah
Jumlah Injakan	11 buah	11 buah	11 buah
Tebal Pelat Baja	4 mm	4 mm	4 mm
Pengaku Pelat Anak Tangga: Profil Siku Sama Kaki	L 50 x 50 x 7	L 50 x 50 x 7	L 50 x 50 x 7
Tebal Pelat Bordes	14 mm	12 mm	9 mm
Balok Bordes	WF 100 x 50 x 5 x 7	WF 100 x 50 x 5 x 7	WF 100 x 50 x 5 x 7
Balok Utama Tangga	WF 250 x 125 x 5 x 8	WF 250 x 125 x 5 x 8	WF 250 x 125 x 5 x 8
Balok Penumpu Tangga	WF 250 x 125 x 5 x 8	WF 250 x 125 x 5 x 8	WF 250 x 125 x 5 x 8

## 4.2 Permodelan Struktur

### 4.2.1 Penjelasan Umum

Perancangan gedung ini dimodelkan terlebih dahulu sebagai sistem rangka pemikul momen, yaitu suatu gedung dengan asumsi bahwa struktur memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Untuk sistem pemikul beban gempa menggunakan sistem anti seismic base isolator. Permodelan struktur ini mengambil peraturan yang disyaratkan dalam SNI 1726:2012

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur. Struktur permodelan gedung memiliki total 34 lantai dengan total ketinggian  $\pm 121,45$  m. Pemodelan gedung berlokasi di kota Bogor.



Gambar 4.27 Struktur 3D Apartemen 4 AEON *Mixed-Use*

#### 4.2.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727:2013 dengan rincian sebagai berikut:

##### 1. Beban Mati

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Berat pelat bondek  $10,1 \text{ kg/m}^2$

- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dll memiliki berat jenis 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Berat dinding bata ringan 10 cm sebesar 59.5 kg/ m<sup>2</sup>
- Berat aspal sebesar 14 kg/ m<sup>2</sup> untuk setiap ketebalan 2 cm
- Berat spesi sebesar 22 kg/ m<sup>2</sup> untuk setiap ketebalan 2 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/ m<sup>2</sup> untuk setiap ketebalan 1cm
- Berat MEP sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/ m<sup>2</sup>
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir

Berikut adalah beban mati tambahan pelat atap dan pelat lantai gedung:

- Pelat Atap

Berat aspal 2 cm (2x14)	= 28 kg/m <sup>2</sup>
Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Berat MEP	= 25 kg/m <sup>2</sup> +
Total	= 71 kg/m <sup>2</sup>
Sambungan (10%)	= 7.1 kg/m <sup>2</sup> +
Total	= 78.1 kg/m <sup>2</sup>

- Pelat Lantai

Dinding bata ringan 10 cm	= 59.5 kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi 2 cm	= 42 kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Berat MEP	= 25 kg/m <sup>2</sup> +
Total	= 168.5 kg/m <sup>2</sup>
Sambungan (10%)	= 16.85 kg/m <sup>2</sup> +
Total	= 185.35 kg/m <sup>2</sup>

## 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang memungkinkan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang digunakan adalah:

Atap	= 97.893 kg/m <sup>2</sup>
Kamar	= 195.785 kg/m <sup>2</sup>
Lobby	= 488.444 kg/m <sup>2</sup>
Pertokoan	= 366.078 kg/m <sup>2</sup>
Kantor	= 244.732 kg/m <sup>2</sup>

### 3. Beban Gempa

Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia.

### 4. Data Tanah

Penentuan jenis tanah merupakan salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan. Salah satu cara untuk menentukan jenis tanah adalah dengan melakukan tes penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan penentuan jenis tanah:

$\tilde{N} \geq 50$  = Tanah Keras (SC)

$15 \leq \tilde{N} < 50$  = Tanah Sedang (SD)

$\tilde{N} < 15$  = Tanah Lunak (SE)

Tabel 4.3 Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan	N	Ni (Rata-Rata N)	Fi/Ni
Lapisan 1	6.00	6.00	3	13.3	0.45
			16		
			21		
Lapisan 2	11.00	5.00	38	40.5	0.12
			43		
Lapisan 3	17.00	6.00	50	50	0.12
			50		
			50		
Lapisan 4	18.00	1.00	50	50	0.02
Lapisan 5	21.00	3.00	50	50	0.06
Lapisan 6	40.00	19.00	50	50	0.38
			50		
			50		
			50		
			50		
			50		
			50		
			50		
			50		
<b>Total</b>		<b>40.00</b>			<b>1.15</b>

$$\tilde{N} = \frac{\sum Fi}{\frac{\sum Fi}{Ni}} = 34.68$$

$15 \geq 34.68 \geq 50 = \text{Tanah Sedang (SD)}$

Dari perhitungan nilai N rata- rata diatas diperoleh jenis tanah kategori tanah lunak (Kelas Situs D).

### 4.2.3 Pembebanan gempa dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

#### 4.2.3.1 Arah pembebanan

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah bebas, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus dengan peninjauan sebesar 30%.

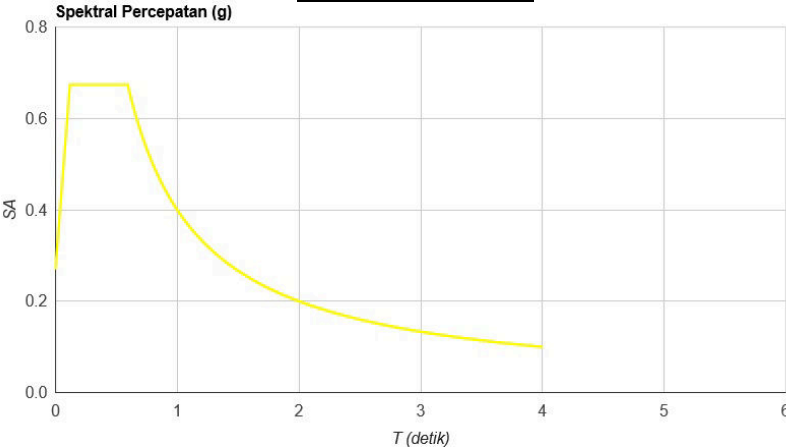
#### 4.2.3.2 Parameter respon spektrum rencana

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah *response spectrum*. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spektrum dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi *response spectrum* merupakan fungsi spektra percepatan gempa ( $S$ ) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung ( $T$ ). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Bogor dengan kondisi tanah lunak (kelas situs D)



Tabel 4.4 Parameter Gempa Bogor untuk Situs D

PGA (g)	0.427
S <sub>s</sub> (g)	0.881
S <sub>1</sub> (g)	0.356
C <sub>RS</sub>	1.027
C <sub>R1</sub>	0.939
F <sub>PGA</sub>	1.073
F <sub>A</sub>	1.148
F <sub>V</sub>	1.688
PSA (g)	0.458
S <sub>MS</sub> (g)	1.011
S <sub>M1</sub> (g)	0.601
S <sub>DS</sub> (g)	0.674
S <sub>D1</sub> (g)	0.4
T <sub>0</sub> (detik)	0.119
T <sub>s</sub> (detik)	0.594



Gambar 4.28 Grafik Spektral Percepatan Gempa Bogor

#### 4.2.3.3 Faktor Reduksi Gempa (R)

Pada tugas akhir ini, gedung perkantoran direncanakan menggunakan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726-2012 diperoleh nilai- nilai batasan yaitu:

Tabel 4.5 Faktor  $R^a$ ,  $C_d^b$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	$R^a$	$\Omega_0$	$C_d^b$	$B$	$C$	$D$	$E$	$F$
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB

#### 4.2.3.4 Faktor keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu factor kemanan  $I_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan apartemen. Pada tabel 1 SNI 1726:2012, bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .

#### 4.2.4 Kombinasi pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1726:2012 sebagai berikut:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L$
- $1,2D + 0,5L \pm Ex$
- $1,2D + 0,5L \pm Ey$
- $0,9D \pm Ex$
- $0,9D \pm Ey$

Keterangan :

DL : Beban mati

LL : Beban hidup

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Perencanaan struktur yang akan dianalisa pada bagian elemen struktur baja maupun komposit tidak diperkenankan mengalami plastis saat terjadi gempa kuat didasarkan pada nilai gaya maksimum yang terjadi pada elemen-elemen struktur tersebut setelah melalui analisis pembebanan gempa dengan koefisien beban gempa sebesar 1 dan beban hidup direduksi menjadi 0,5 kali berdasarkan syarat berat seismik efektif SNI 1726:2012.

#### **4.2.5 Kontrol desain (*Fix Based*)**

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi (*Fix Based*) dengan program bantu ETABS, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

##### **4.2.5.1 Berat total bangunan**

Besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material bangunan dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari analisis menggunakan program ETABS untuk kombinasi 1D+1L.

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup (1D+1L) dari permodelan ETABS dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Berat Bangunan

Kombinasi	W (kg)
1,0 DL + 1,0 LL	58109752.02

Dari tabel diatas, didapatkan total berat struktur dari ETABS.

#### 4.2.5.2 Kontrol partisipasi massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar sesuai menurut SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa asli dari masing-masing arah.

Tabel 4.7 Partisipasi Massa Bangunan

Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.0037	0.5163
Modal	2	0.4869	0.5467
Modal	3	0.6112	0.5951
Modal	4	0.6128	0.7107
Modal	5	0.7359	0.7188
Modal	6	0.7551	0.7426
Modal	7	0.7597	0.781
Modal	8	0.8118	0.8017
Modal	9	0.8271	0.8237
Modal	10	0.8373	0.8285
Modal	11	0.8483	0.86
Modal	12	0.8646	0.8653
Modal	13	0.8732	0.8676
Modal	14	0.8775	0.8873

Modal	15	0.8894	0.8892
Modal	16	0.8949	0.8928
Modal	17	0.8993	0.9052
Modal	18	0.9077	0.9064
Modal	19	0.9107	0.9104
Modal	20	0.9151	0.9179
Modal	21	0.9214	0.9193
Modal	22	0.9216	0.9245
Modal	23	0.9268	0.926
Modal	24	0.9301	0.9303
Modal	25	0.9347	0.9329
Modal	26	0.9357	0.9409
Modal	27	0.944	0.9415
Modal	28	0.9462	0.9529
Modal	29	0.9561	0.9562
Modal	30	0.9609	0.9618
Modal	31	0.9661	0.9666
Modal	32	0.9763	0.9706
Modal	33	0.9801	0.981
Modal	34	0.9917	0.9849
Modal	35	0.9953	0.9958

Dari tabel diatas, didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 0.9077 pada moda ke 18 dan partisipasi massa arah Y sebesar 0.9052 pada moda ke 17. Maka dapat disimpulkan analisa struktur telah memenuhi SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

#### **4.2.5.3 Kontrol waktu getar alami fundamental**

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur

gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari:

$T_a = C_t \cdot h_n^x$  (nilai  $C_t$  dan  $x$  diambil dari tabel 15 SNI 1726:2012)

$C_t = 0.0488$ ;  $x = 0.75$ ;  $h_n = 121.45$  m

$T_a = 0.0488 \cdot 121.45^{0.75} = 1.7853$  detik

Dengan nilai  $S_{D1} = 0.4006$ , maka  $C_u = 1.4$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$T = T_a \cdot C_u = 1.7853 \times 1.4 = 2.4995$  detik.

Tabel 4.8 Perioda Struktur

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	3.58	0.279	1.7552	3.0808
Modal	2	3.144	0.318	1.9987	3.9949
Modal	3	2.825	0.354	2.2243	4.9475
Modal	4	1.249	0.8	5.0293	25.2936
Modal	5	1.11	0.901	5.6611	32.0477
Modal	6	0.996	1.004	6.3062	39.7679
Modal	7	0.718	1.392	8.7458	76.4898
Modal	8	0.666	1.502	9.4355	89.0283
Modal	9	0.609	1.641	10.3118	106.3322
Modal	10	0.499	2.004	12.5945	158.6213
Modal	11	0.48	2.084	13.0964	171.5148
Modal	12	0.44	2.274	14.2885	204.1624
Modal	13	0.37	2.702	16.979	288.2873
Modal	14	0.356	2.813	17.6726	312.3201
Modal	15	0.326	3.067	19.2706	371.3573
Modal	16	0.287	3.486	21.9009	479.6484
Modal	17	0.275	3.63	22.8067	520.1439
Modal	18	0.253	3.949	24.8114	615.6067
Modal	19	0.231	4.331	27.2098	740.372
Modal	20	0.222	4.514	28.3638	804.5028

Didapatkan nilai T terbesar dari ETABS = 3.58 detik, maka:

$$T_a < T_{ETABS} < C_u \times T_a$$

$$1.7853 < 3.58 < 2.4995$$

Karena T ETABS lebih besar dari *range* yang telah diatur pada SNI 1726:2012, maka untuk selanjutnya T yang digunakan adalah  $T_a = 2.4495$  s. Sehingga analisa struktur telah memenuhi syarat SNI 1726:2012.

#### 4.2.5.4 Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0.6432}{8/1} = 0.0804$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu melebihi dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.4006}{2.4995 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0.0200$$

Dan harus tidak kurang dari:

$$C_{s \min} = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0.01 = 0.044 \times 0.6432 \times 1 = 0.0283$$

Maka diambil nilai  $C_s = 0.0283$

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur adalah:

$$\text{Berat total struktur} = 49758262.36 \text{ kg (1.0 DL + 0.3 LL)}$$

$$\text{Maka: } V_{\text{statik}} = C_s \cdot W = 0.0283 \times 49758262.36 = 1408302.55 \text{ kg}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut:

Tabel 4.9 Gaya Geser Dasar Beban Gempa

<b>Load Case/Combo</b>	<b>FX</b>	<b>FY</b>	<b>FZ</b>
	kgf	kgf	kgf
Quake X Max	652876.6	149134.74	0
Quake Y Max	686920.41	3464560.46	0
1,0 DL + 0.3 LL	0	0	49758262.36

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-X :  
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$   
 $652876.6 \geq 1197057.17 \text{ kg (NOT OK)}$
- Arah-Y :  
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$   
 $3464560.5 \geq 1197057.17 \text{ kg (OK)}$

Sehingga perlu dikalikan skala untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1. Pada sumbu X perlu dikalikan skala yaitu 1,8335 dan pada sumbu Y tidak perlu dikalikan skala sehingga menjadi:

- Arah-X :  
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$   
 $1197057.17 \geq 1197057.17 \text{ kg (OK)}$
- Arah-Y :  
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$   
 $3464560.5 \geq 1197057.17 \text{ kg (OK)}$



Tabel 4.10 Gaya Gempa Dinamis Struktur

Load Case/Combo	FX	FY
	kgf	kgf
Quake X Max	1197057.73	273431.57
Quake Y Max	686962.52	3464560.5

#### 4.2.5.5 Kontrol simpangan antar lantai (*drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lantai ke- $x$  yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi (5.5)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$

Tinggi tingkat 4 m

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx} = 0,020 \times 4 = 0.08 \text{ m} = 80 \text{ mm}$

Tinggi tingkat 3.5 m

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx} = 0,020 \times 3.5 = 0.07 \text{ m} = 70 \text{ mm}$

Tinggi tingkat 3.95 m

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx} = 0,020 \times 3.95 = 0.079 \text{ m} = 79 \text{ mm}$

Tabel 4.11 Simpangan Antar Lantai Sumbu X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simpangan	Perbesaran Simpangan	Simpangan Antar Lantai	Simpangan Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	$\delta e$ (mm)	$Cd \times \delta e$ (mm)	$\Delta i - \Delta (i-1)$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
GROUND FLOOR	0	0	0.000	0.00	0.00	0	Memenuhi
MEZANINE FLOOR	3.5	3.5	0.620	3.41	3.41	70	Memenuhi
1ST FLOOR	7	3.5	2.175	11.96	8.55	70	Memenuhi
1A ST FLOOR	11	4	4.721	25.97	14.00	80	Memenuhi
2A TH FLOOR	15	4	7.785	42.82	16.85	80	Memenuhi
3RD FLOOR	19	4	11.156	61.36	18.54	80	Memenuhi
4TH FLOOR	23	4	14.704	80.87	19.51	80	Memenuhi
5TH FLOOR	26.5	3.5	17.963	98.80	17.92	70	Memenuhi
6TH FLOOR	30	3.5	21.319	117.25	18.46	70	Memenuhi
7TH FLOOR	33.5	3.5	24.723	135.98	18.72	70	Memenuhi
8TH FLOOR	37	3.5	28.305	155.68	19.70	70	Memenuhi
9TH FLOOR	40.5	3.5	31.855	175.20	19.53	70	Memenuhi
10TH FLOOR	44	3.5	35.361	194.49	19.28	70	Memenuhi
11TH FLOOR	47.5	3.5	38.811	213.46	18.98	70	Memenuhi
12TH FLOOR	51	3.5	42.195	232.07	18.61	70	Memenuhi
13TH FLOOR	54.5	3.5	45.505	250.28	18.21	70	Memenuhi
14TH FLOOR	58	3.5	48.734	268.04	17.76	70	Memenuhi
15TH FLOOR	61.5	3.5	51.877	285.32	17.29	70	Memenuhi
16TH FLOOR	65	3.5	54.934	302.14	16.81	70	Memenuhi
17TH FLOOR	68.5	3.5	57.914	318.53	16.39	70	Memenuhi
18TH FLOOR	72	3.5	61.000	335.50	16.97	70	Memenuhi
19TH FLOOR	75.5	3.5	63.949	351.72	16.22	70	Memenuhi
20TH FLOOR	79	3.5	66.774	367.26	15.54	70	Memenuhi
21ST FLOOR	82.5	3.5	69.473	382.10	14.84	70	Memenuhi
22ND FLOOR	86	3.5	72.041	396.23	14.12	70	Memenuhi
23RD FLOOR	89.5	3.5	74.472	409.60	13.37	70	Memenuhi
24TH FLOOR	93	3.5	76.757	422.16	12.57	70	Memenuhi
25TH FLOOR	96.5	3.5	78.888	433.88	11.72	70	Memenuhi
26TH FLOOR	100	3.5	80.859	444.72	10.84	70	Memenuhi
27TH FLOOR	103.5	3.5	82.679	454.73	10.01	70	Memenuhi
28TH FLOOR	107	3.5	84.829	466.56	11.83	70	Memenuhi
29TH FLOOR	110.5	3.5	86.643	476.54	9.98	70	Memenuhi
30TH FLOOR	114	3.5	88.093	484.51	7.98	70	Memenuhi
ROOF FLOOR	117.5	3.5	89.143	490.29	5.77	70	Memenuhi
ROOF FLOOR'	121.45	3.95	90.673	498.70	8.42	79	Memenuhi

Tabel 4.12 Simpangan Antar Lantai Sumbu Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai	Simpangan	Perbesaran Simpangan	Simpangan Antar Lantai	Simpangan Ijin	Kontrol
	hi (m)	hsx (m)	$\delta e$ (mm)	$Cd \times \delta e$ (mm)	$\Delta i - \Delta (i-1)$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
GROUND FLOOR	0	0	0	0.00	0.00	0	Memenuhi
MEZANINE FLOOR	3.5	3.5	0.647	3.56	3.56	70	Memenuhi
1ST FLOOR	7	3.5	2.308	12.69	9.14	70	Memenuhi
1A ST FLOOR	11	4	5.114	28.13	15.43	80	Memenuhi
2A TH FLOOR	15	4	8.641	47.53	19.40	80	Memenuhi
3RD FLOOR	19	4	12.738	70.06	22.53	80	Memenuhi
4TH FLOOR	23	4	17.355	95.45	25.39	80	Memenuhi
5TH FLOOR	26.5	3.5	21.15	116.33	20.87	70	Memenuhi
6TH FLOOR	30	3.5	26.878	147.83	31.50	70	Memenuhi
7TH FLOOR	33.5	3.5	33.182	182.50	34.67	70	Memenuhi
8TH FLOOR	37	3.5	40.61	223.36	40.85	70	Memenuhi
9TH FLOOR	40.5	3.5	48.848	268.66	45.31	70	Memenuhi
10TH FLOOR	44	3.5	57.47	316.09	47.42	70	Memenuhi
11TH FLOOR	47.5	3.5	66.249	364.37	48.28	70	Memenuhi
12TH FLOOR	51	3.5	75.053	412.79	48.42	70	Memenuhi
13TH FLOOR	54.5	3.5	83.801	460.91	48.11	70	Memenuhi
14TH FLOOR	58	3.5	92.439	508.41	47.51	70	Memenuhi
15TH FLOOR	61.5	3.5	100.927	555.10	46.68	70	Memenuhi
16TH FLOOR	65	3.5	109.245	600.85	45.75	70	Memenuhi
17TH FLOOR	68.5	3.5	117.396	645.68	44.83	70	Memenuhi
18TH FLOOR	72	3.5	125.8	691.90	46.22	70	Memenuhi
19TH FLOOR	75.5	3.5	133.907	736.49	44.59	70	Memenuhi
20TH FLOOR	79	3.5	141.695	779.32	42.83	70	Memenuhi
21ST FLOOR	82.5	3.5	149.135	820.24	40.92	70	Memenuhi
22ND FLOOR	86	3.5	156.198	859.09	38.85	70	Memenuhi
23RD FLOOR	89.5	3.5	162.856	895.71	36.62	70	Memenuhi
24TH FLOOR	93	3.5	169.083	929.96	34.25	70	Memenuhi
25TH FLOOR	96.5	3.5	174.859	961.72	31.77	70	Memenuhi
26TH FLOOR	100	3.5	180.178	990.98	29.25	70	Memenuhi
27TH FLOOR	103.5	3.5	185.077	1017.92	26.94	70	Memenuhi
28TH FLOOR	107	3.5	188.694	1037.82	19.89	70	Memenuhi
29TH FLOOR	110.5	3.5	190.436	1047.40	9.58	70	Memenuhi
30TH FLOOR	114	3.5	194.969	1072.33	24.93	70	Memenuhi
ROOF FLOOR	117.5	3.5	198.697	1092.83	20.50	70	Memenuhi
ROOF FLOOR'	121.45	3.95	201.615	1108.88	16.05	79	Memenuhi

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012.

#### 4.2.6 Sistem Struktur Isolasi

Persyaratan struktur isolasi mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 12.2, 12.4.1, dan 12.4.2. Dimana diantaranya sebagai berikut:

- Pemeriksaan dan penggantian (pasal 12.2.4.8)  
Dalam pasal ini menyatakan bahwa struktur base isolator harus menyediakan jalan/akses untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen-komponen sistem isolasi harus disediakan. Dalam Tugas Akhir ini, ruang pemeriksaan disediakan dengan ketinggian 2 m.
- Stabilitas beban vertikal (pasal 12.2.4.6)  
Setiap elemen sistem isolasi harus direncanakan agar stabil akibat beban vertikal rencana yang mengalami suatu perpindahan horisontal sama dengan perpindahan maksimum total. Sebelumnya telah dilakukan analisa struktur fixed base telah dilakukan dan memenuhi persyaratan yang ada (periode fundamental, simpangan antar lantai, partisipasi massa, dan nilai respon spektrum). Sehingga stabilitas beban vertikal terpenuhi.
- Pemilihan prosedur analisis struktur (pasal 12.4)  
Pada pemodelan struktur base isolator ini, perlu diketahui gaya geser statik dari prosedur lateral ekuivalen untuk nantinya dibandingkan dengan gaya geser dinamis sebagai salah satu persyaratan pemodelan.

Berdasarkan pasal 12.4.1, prosedur analisis static ekuivalen adalah sebagai berikut:

1. Struktur terletak di situs dengan  $S_1 \leq 0,60g$
2. Struktur terletak pada kelas situs SA, SB, SC, atau SD
3. Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum  $T_M$ , kurang atau sama dengan 3 detik
4. Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan rencana,  $T_D$ , lebih besar dari 3 kali periode elastic struktur terjepit dari struktur di atas sistem isolasi

Dengan periode struktur terjepit yang terjadi sebesar 2,4995 detik, maka nilai  $T_D$  adalah  $3 \times 2,4995 = 7,4985$  detik.  $T_D$  tersebut digunakan untuk mendesain dimensi base isolator HDRB.

#### 4.2.7 Perhitungan Dimensi *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*

Pada Tugas Akhir ini base isolator ditempatkan di dasar tiap elemen kolom struktur. Gaya reaksi yang terjadi pada tiap kolom tersebut digunakan untuk menentukan dimensi HDRB.

Hasil analisa struktur fixed base sebelumnya, didapatkan gaya reaksi terbesar pada:

- Kolom interior (C35)  
= 2445598.87 kg = 24455988.7 N
- Kolom eksterior (C31)  
= 1977553.60 kg = 19775536 N

##### 4.2.7.1 Perhitungan Desain HDRB Kolom Eksterior

- Kekakuan Base Isolator Rencana  
Berdasarkan analisa *fix based*, diperoleh periode alami struktur sebesar  $T_1 = 2.4995$  detik dan periode rencana  $T_D = 3 \times T_1 = 7.4985$  detik.

Asumsi spesifikasi awal material rubber:

- Modulus Shear (G) = 0,620 N/mm<sup>2</sup> = 0,620 MN/m<sup>2</sup>
- Ketebalan Rubber (tr) = 200 mm
- Reaksi = 19775.536 KN = 19.776 MN
- Nilai Kekakuan horizontal *base isolation*:

$$K_H^1 = \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{Pj.bentang} = \frac{19.776 \times \left(\frac{2\pi}{7.4985}\right)^2}{5} = 2.777 \text{ MN/m}$$

- Nilai Luasan Rubber

$$K_H^1 = \frac{G_t \times A}{t_r} \longrightarrow A = \frac{K_H \times t_r}{G_t} = \frac{2.777 \times 0.2}{0.620} = 0.896 \text{ m}^2$$

Sehingga diperoleh nilai diameter rubber:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \longrightarrow D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}} = \sqrt{\frac{(4 \times 0.896)}{\pi}} = 1.068 \text{ m}$$

Dipakai Base Isolator HDRB HH 110 x 6R

#### 4.2.7.2 Perhitungan Desain HDRB Kolom Interior

- Kekakuan Base Isolator Rencana

Berdasarkan analisa *fix based*, diperoleh periode alami struktur sebesar  $T_1 = 2.4995$  detik dan periode rencana  $T_D = 3 \times T_1 = 7.4985$  detik.

Asumsi spesifikasi awal material rubber:

- Modulus Shear (G) =  $0,620 \text{ N/mm}^2 = 0,620 \text{ MN/m}^2$
- Ketebalan Rubber (tr) = 200 mm
- Reaksi =  $24455.989 \text{ KN} = 24,456 \text{ MN}$
- Nilai Kekakuan horizontal *base isolation*:

$$K_H^1 = \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{Pj.bentang} = \frac{24.456 \times \left(\frac{2\pi}{7.4985}\right)^2}{5} = 3.434 \text{ MN/m}$$

- Nilai Luasan Rubber

$$K_H^1 = \frac{G_t \times A}{t_r} \longrightarrow A = \frac{K_H \times t_r}{G_t} = \frac{3.434 \times 0.2}{0.620} = 1.108 \text{ m}^2$$

Sehingga diperoleh nilai diameter rubber:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \longrightarrow D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}} = \sqrt{\frac{(4 \times 1.108)}{\pi}} \\ = 1.187 \text{ m}$$

Dipakai Base Isolator HDRB HH 120 x 6R

#### 4.2.7.3 Properti Dimensi

Properti dimensi yang digunakan adalah data-data dari brosur Bridgestone *Design Characteristic of High Damping Rubber Bearing* (Lampiran)

Tabel 4.13 Dimension and Performance Properties of HDRB,  
Total Rubber Thickness 200 mm

Compound	Unit	HH 110 x 6 R	HH 120 x 6 R
Effective Outer Diameter (Do)	mm	1100	1200
Shear Modulus (G)	N/mm <sup>2</sup>	0.62	0.62
Thickness of Rubber Layer (tr)	mm	7.4	8
Number of Rubber Layer (n)		27	25
Total Rubber Thickness (Tr)	mm	200	200
First Shape Factor (S1)	Mn	35.3	35.8
Second Shape Factor (S2)	N/mm <sup>2</sup>	5.51	6
Inner of Lead Diameter (di)	mm	55	55
Height (H)	mm	390.2	385.6
Weight (W)	KN	20.1	23.3

Tabel 4.14 Karakteristik Desain HDRB

Product Code	Unit	HH 110 x 6 R	HH 120 x 6 R
Normal Stress ( $\sigma_s$ )	N/mm <sup>2</sup>	15	15
Shear Stiffness (Kh)	$\times 10^3$ kN/m	2.94	3.5
Eff Damping Ratio		0.24	0.24
Ult Compressive Stress ( $\sigma_c$ )	N/mm <sup>2</sup>	37.46	37.56
Ult Tensile Stress ( $\sigma_{tu}$ )	N/mm <sup>2</sup>	1	1
Compressive Stiffness (Kv)	$\times 10^3$ kN/m	6590	7860
Strength Yield (KN)		240	285
Ult Displacement (d/2)	mm	550	600

#### 4.2.7.4 Analisa Isolation Structure

Pada tahap ini dilakukan kembali analisa struktur sesuai dengan ketentuan system base isolator menurut SNI 1726:2012.

- Reduksi gempa  $R = 2$  untuk *isolation structure*
- *Effective Damping Ratio* = 0.24 = 24%

Tabel 4.15 Koefisien Redaman  $B_D$  atau  $B_M$ 

Redaman Efektif, $\beta_D$ atau $\beta_M$ (persentase dari redaman kritis) <sup>a,b</sup>	Faktor $B_D$ atau $B_M$
$\leq 2$	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
$\geq 50$	2,0

- Koefisien redaman harus berdasarkan redaman efektif system isolasi yang ditentukan menurut persyaratan-persyaratan di 12.8.5.2
- Koefisien redaman harus berdasarkan interpolasi linier untuk nilai redaman efektif diantara nilai-nilai yang diberikan di atas.

Untuk redaman efektif 24% maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan  $B_D$  dan  $B_M$ , maka:

$$B_D \text{ \& } B_M = 1,5 - \left( \frac{(20-24)}{(20-30)} \right) (1,5 - 1,7) = 1,58$$

- Periode efektif

TD = Periode efektif struktur dengan isolasi seismic, dalam detik pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau.

TM = Periode efektif struktur dengan isolasi seismic, dalam detik pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau.

Maka:  $T_D = 7,4985$  detik dan  $T_M = 3$  detik

- Menghitung kekakuan efektif

KDmin = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana diarah horizontal yang ditinjau.

KMmin = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan maksimum diarah horizontal yang ditinjau.



$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Dmin} \times g}}$$

$$7.4985 = 2\pi \sqrt{\frac{610828.055}{k_{Dmin} \times 9.81}}$$

$$k_{Dmin} = (2\pi)^2 \frac{610828.055}{7.4985^2 \times 9.81}$$

$$k_{Dmin} = 43754.7028 \text{ kN/m}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Mmin} \times g}}$$

$$3 = 2\pi \sqrt{\frac{610828.055}{k_{Mmin} \times 9.81}}$$

$$k_{Mmin} = (2\pi)^2 \frac{610828.055}{3^2 \times 9.81}$$

$$k_{Mmin} = 273348.523 \text{ kN/m}$$

- Menghitung kekakuan efektif maksimum

KDmax = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana diarah horizontal yang ditinjau.

KMmax = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan maksimum diarah horizontal yang ditinjau.

Menghitung kekakuan efektif maksimum bisa dilakukan asumsi sebesar a + 10% dari kekakuan minimum yang telah diperoleh.

$$k_{Dmax} = 1.10 \frac{43754.7028}{0.9} = 53477.97 \text{ kN/m}$$

$$k_{Mmax} = 1.10 \frac{273348.523}{0.9} = 334092.639 \text{ kN/m}$$

- Menghitung perpindahan lateral minimum  
Sistem isolasi harus direncanakan untuk menahan perpindahan gempa lateral minimum, DD yang berkerja pada setiap arah sumbu horizontal utama struktur.

a. Perpindahan Rencana

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4\pi^2 B_D}$$

$g$  = percepatan gravitasi (mm/det<sup>2</sup>) = 9810 mm/det<sup>2</sup>

$S_{D1}$  = parameter percepatan spectral rencana = 0,4006

$T_{D1}$  = 7,4985 detik

$B_D$  = 1,58

$$D_D = \frac{9810 \times 0,4006 \times 7,4985}{4\pi^2 \times 1,58} = 472,042 \text{ mm}$$

b. Perpindahan Maksimum

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M}$$

$g$  = percepatan gravitasi (mm/det<sup>2</sup>) = 9810 mm/det<sup>2</sup>

$S_{M1}$  = parameter percepatan spectral rencana = 0,6009

$T_{M1}$  = 3 detik

$B_M$  = 1,58

$$D_M = \frac{9810 \times 0,6009 \times 3}{4\pi^2 \times 1,58} = 283,287 \text{ mm}$$

c. Perpindahan Total

Perpindahan rencana total,  $D_{TD}$  dan total perpindahan maksimum total,  $D_{TM}$  dari elemen-elemen sistem isolasi dengan distribusi spasial kekakuan lateral yang seragam tidak boleh diambil kurang dari nilai yang ditentukan oleh persamaan-persamaan berikut:

$$D_{TD} = D_D \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right)$$

$$D_{TM} = D_M \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right)$$

$$D_D = 472,042 \text{ mm}$$

$$D_M = 283,287 \text{ mm}$$

y = jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan ( 1 m )

e = eksentrisitas 5% dari tinggi bangunan ditambah eksentrisitas tak terduga  
 $= (0,05 \times 121,45) + 1 = 7,0725$

b = ukuran denah struktur terpendek (29,7 m)

d = ukuran denah struktur terpanjang (99 m)

$$D_{TD} = 472,042 \left( 1 + 1 \frac{12(7,0725)}{29,7^2 + 99^2} \right) = 475,792 \text{ mm}$$

$$D_{TM} = 283,287 \left( 1 + 1 \frac{12(7,0725)}{29,7^2 + 99^2} \right) = 285,537 \text{ mm}$$

d. Perpindahan Minimum yang Diiijinkan untuk *Dynamic Analysis*

$$D'_D = \frac{D_D}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_D}\right)^2}} = \frac{0,472}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,4995}{7,4985}\right)^2}} = 0,448 \text{ m}$$

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}} = \frac{0,283}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,4995}{3}\right)^2}} = 0,269 \text{ m}$$

- Menghitung gaya lateral minimum

Sistem isolasi, fondasi dan semua elemen-elemen structural dibawah sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya gempa lateral minimum,  $V_b$ , dengan menggunakan semua persyaratan yang sesuai dengan persamaan berikut:

Gaya Lateral Minimum Struktur dibawah Sistem Isolasi

$$V_b = K_{Dmax} \times D_D$$

Gaya Lateral Minimum Struktur diatas Sistem Isolasi

$$V_s = \frac{k_{Dmaks} \times D_D}{R_1}$$

Keterangan :

$$K_{DMax} = 66695,4484 \text{ kN/m}$$

$$D_D = 0,415 \text{ m}$$

$R_1 = 2$  ( Koefisien numerik Isolation Structure )

Jadi:

$$\begin{aligned} V_b &= 53477,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times 0,472 \text{ m} = 25243,8597 \text{ kN} \\ &= 2524386 \text{ kg} \end{aligned}$$

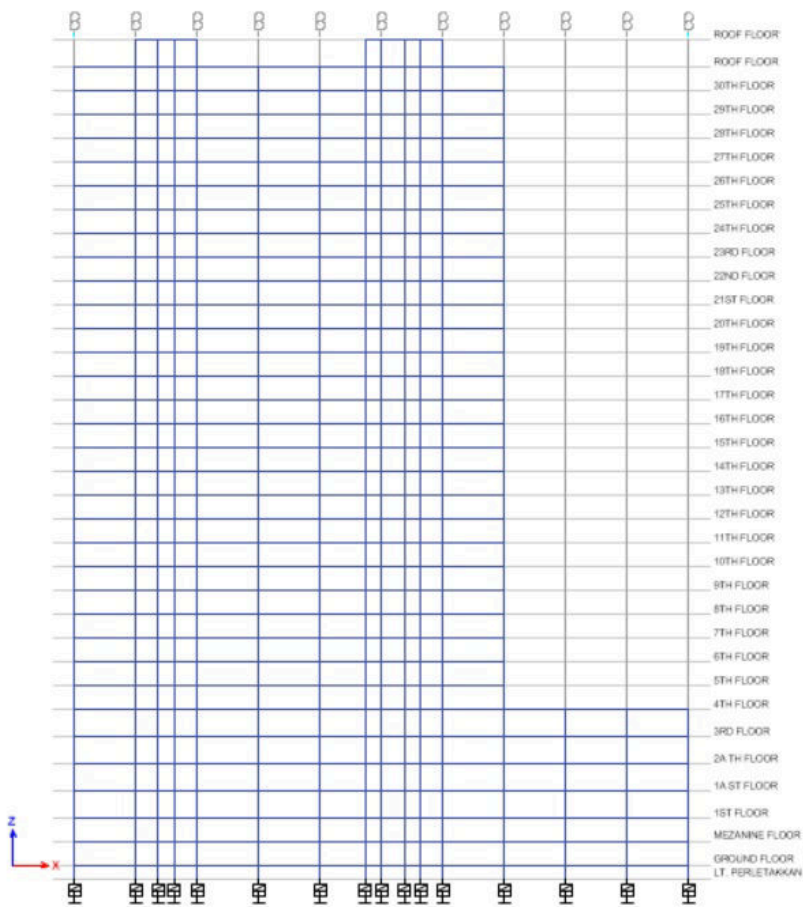
$$\begin{aligned} V_s &= \frac{53477,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times 0,472 \text{ m}}{2} = 12621,9298 \text{ kN} \\ &= 1262193 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.2.7.5 Permodelan *Isolation Structure*

Permodelan struktur isolasi menggunakan program ETABS. Adapun langkah-langkah menginput *base isolator* adalah sebagai berikut:

1. Perletakkan yang awalnya jepit (struktur *fixed base*) harus diubah menjadi bebas kemudian buat rubber isolator dengan cara define *link/ support properties*
2. Jenis link adalah rubber isolator dengan spesifikasi yang telah didesain sebelumnya
3. Define point springs kemudian pilink link properties sesuai dengan yang telah direncanakan sebelumnya
4. Lalu pilih joint yang akan dijadikan perletakkan rubber isolator kemudian assign joint springs sesuai dengan spesifikasi rubber isolator yang direncanakan.

5. Run analyze



Gambar 4.29 Permodelan 3D Apartemen 4 AEON *Mixed-Use*  
(*Isolation Structure*)

#### 4.2.8 Kontrol desain (*Isolation Structure*)

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi (*Isolation Structure*) dengan program bantu ETABS, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

##### 4.2.8.1 Kontrol partisipasi massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar sesuai menurut SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa asli dari masing-masing arah.

Tabel 4.16 Partisipasi Massa Bangunan

Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.0003	0.7172
Modal	2	0.8788	0.7172
Modal	3	0.8818	0.8455
Modal	4	0.8930	0.8922
Modal	5	0.9166	0.9794
Modal	6	0.9860	0.9832
Modal	7	0.9875	0.9889
Modal	8	0.9906	0.9947
Modal	9	0.9959	0.9951

Modal	10	0.9961	0.9971
Modal	11	0.9978	0.9978
Modal	12	0.9985	0.9982
Modal	13	0.9986	0.9986
Modal	14	0.9992	0.9992
Modal	15	0.9994	0.9994
Modal	16	0.9996	0.9994
Modal	17	0.9996	0.9997
Modal	18	0.9998	0.9998
Modal	19	0.9998	0.9998
Modal	20	0.9998	0.9999
Modal	21	0.9999	0.9999
Modal	22	0.9999	0.9999
Modal	23	0.9999	0.9999
Modal	24	1	1
Modal	25	1	1
Modal	26	1	1
Modal	27	1	1
Modal	28	1	1
Modal	29	1	1
Modal	30	1	1
Modal	31	1	1
Modal	32	1	1
Modal	33	1	1
Modal	34	1	1
Modal	35	1	1

Dari tabel diatas, didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 0.9166 pada moda ke 5 dan partisipasi massa arah Y sebesar 0.9794 pada moda ke 5. Maka dapat disimpulkan analisa

struktur telah memenuhi SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

#### 4.2.8.2 Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.5.4, gaya geser statik dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Sistem Isolasi dan Elemen-Elemen Struktural di Bawah Sistem Isolasi (Pasal 12.5.4.1)

Dalam ketentuan ini nilai gaya geser static ( $V_b$ ) diambil dari persamaan berikut:

$$V_b = K_{Dmax} \times D_D$$

2. Elemen Struktur di Atas Sistem Isolasi (Pasal 12.5.4.2)

Dalam ketentuan ini gaya geser static ( $V_s$ ) diambil dari persamaan berikut:

$$V_s = \frac{k_{Dmaks} \times D_D}{R_1}$$

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh nilai  $V_s = 1262193 \text{ kg}$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.2, gaya gempa dinamis tidak boleh kurang dari 80% gaya geser statik. Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut:

Tabel 4.17 Gaya Geser Dasar Beban Gempa

Load Case/Combo	FX	FY
	kgf	kgf
Quake X Max	974242.25	66103.86
Quake Y Max	73039.65	1725432.1

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-X :

$$V_{dinamik} \geq 0,80 \cdot V_{statik}$$

$$974242.25 \geq 1009754.4 \text{ kg (NOT OK)}$$



- Arah-Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,80 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1725432.1 \geq 1009754.4 \text{ kg (OK)}$$

Sehingga perlu dikalikan skala untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1. Pada sumbu X perlu dikalikan skala yaitu 1,0365 dan pada sumbu Y tidak perlu dikalikan skala sehingga menjadi:

- Arah-X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,80 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1009765.82 \geq 1009754.4 \text{ kg (OK)}$$

- Arah-Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,80 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$1725432.1 \geq 1009754.4 \text{ kg (OK)}$$

Tabel 4.18 Gaya Gempa Dinamis Struktur

Load Case/Combo	FX	FY
	kgf	kgf
Quake X Max	1009765.82	68514.19
Quake Y Max	73033.47	1725449.1

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa gaya gempa dinamis yang terjadi memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.2.

#### 4.2.8.3 Kontrol simpangan antar lantai (*drift*)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 12.6.4.4, simpangannantar lantai maksimum dari struktur di atas sistem isolasi yang dihitung dengan analisis spektrum respon tidak boleh melebihi  $0,015h_x$  dan faktor  $C_d$  dari struktur dengan isolasi sama dengan faktor  $R$ . Sehingga,  $\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$

Dimana:

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi (2)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a$  =  $0,015h_{sx}$

Tabel 4.19 Kontrol Simpangan X Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X  
Struktur Isolasi

Lantai	Elevasi hi (m)	Tinggi Lantai hsx (m)	Simpangan $\delta_e$ (mm)	Perbesaran Simpangan $C_d X \delta_e$ (mm)	Simpangan Antar Lantai $\Delta i - \Delta (i-1)$ (mm)	Simpangan Ijin $\Delta a$ (mm)	Kontrol
LT. PEMELIHARAAN	-2	0	42.771	85.54	0.00	0.00	Memenuhi
GROUND FLOOR	0	2	44.872	89.74	4.20	30.00	Memenuhi
MEZANINE FLOOR	3.5	3.5	48.451	96.90	7.16	52.50	Memenuhi
1ST FLOOR	7	3.5	51.975	103.95	7.05	52.50	Memenuhi
1A ST FLOOR	11	4	55.926	111.85	7.90	60.00	Memenuhi
2A TH FLOOR	15	4	59.797	119.59	7.74	60.00	Memenuhi
3RD FLOOR	19	4	63.595	127.19	7.60	60.00	Memenuhi
4TH FLOOR	23	4	67.342	134.68	7.49	60.00	Memenuhi
5TH FLOOR	26.5	3.5	70.644	141.29	6.60	52.50	Memenuhi
6TH FLOOR	30	3.5	73.964	147.93	6.64	52.50	Memenuhi
7TH FLOOR	33.5	3.5	77.286	154.57	6.64	52.50	Memenuhi
8TH FLOOR	37	3.5	80.731	161.46	6.89	52.50	Memenuhi
9TH FLOOR	40.5	3.5	84.111	168.22	6.76	52.50	Memenuhi
10TH FLOOR	44	3.5	87.427	174.85	6.63	52.50	Memenuhi
11TH FLOOR	47.5	3.5	90.674	181.35	6.49	52.50	Memenuhi
12TH FLOOR	51	3.5	93.846	187.69	6.34	52.50	Memenuhi
13TH FLOOR	54.5	3.5	96.939	193.88	6.19	52.50	Memenuhi
14TH FLOOR	58	3.5	99.946	199.89	6.01	52.50	Memenuhi
15TH FLOOR	61.5	3.5	102.863	205.73	5.83	52.50	Memenuhi
16TH FLOOR	65	3.5	105.69	211.38	5.65	52.50	Memenuhi
17TH FLOOR	68.5	3.5	108.433	216.87	5.49	52.50	Memenuhi
18TH FLOOR	72	3.5	111.253	222.51	5.64	52.50	Memenuhi
19TH FLOOR	75.5	3.5	113.936	227.87	5.37	52.50	Memenuhi
20TH FLOOR	79	3.5	116.485	232.97	5.10	52.50	Memenuhi
21ST FLOOR	82.5	3.5	118.896	237.79	4.82	52.50	Memenuhi
22ND FLOOR	86	3.5	121.164	242.33	4.54	52.50	Memenuhi
23RD FLOOR	89.5	3.5	123.281	246.56	4.23	52.50	Memenuhi
24TH FLOOR	93	3.5	125.239	250.48	3.92	52.50	Memenuhi
25TH FLOOR	96.5	3.5	127.034	254.07	3.59	52.50	Memenuhi
26TH FLOOR	100	3.5	128.664	257.33	3.26	52.50	Memenuhi
27TH FLOOR	103.5	3.5	130.142	260.28	2.96	52.50	Memenuhi
28TH FLOOR	107	3.5	131.806	263.61	3.33	52.50	Memenuhi
29TH FLOOR	110.5	3.5	133.175	266.35	2.74	52.50	Memenuhi
30TH FLOOR	114	3.5	134.265	268.53	2.18	52.50	Memenuhi
ROOF FLOOR	117.5	3.5	135.08	270.16	1.63	52.50	Memenuhi
ROOF FLOOR'	121.45	3.95	136.374	272.75	2.59	59.25	Memenuhi

Pada Tabel 4.19 tersebut didapat nilai  $\delta x$  Lantai Pemeliharaan sebesar  $85.54 < D'm = 268.7$  mm, sehingga perpindahan maksimum base isolator dapat memenuhi persyaratan.

**Tabel 4.20 Kontrol Simpangan Y Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y Struktur Isolasi**

Lantai	Elevasi hi (m)	Tinggi Lantai hsx (m)	Simpangan $\delta e$ (mm)	Perbesaran Simpangan $Cd \times \delta e$ (mm)	Simpangan Antar Lantai $\Delta i - \Delta (i-1)$ (mm)	Simpangan Ijin $\Delta a$ (mm)	Kontrol
L.T. PEMELIHARAAN	-2	0	34.657	69.31	0.00	0.00	Memenuhi
GROUND FLOOR	0	2	36.389	72.78	3.46	30.00	Memenuhi
MEZANINE FLOOR	3.5	3.5	39.345	78.69	5.91	52.50	Memenuhi
1ST FLOOR	7	3.5	42.262	84.52	5.83	52.50	Memenuhi
1A ST FLOOR	11	4	45.553	91.11	6.58	60.00	Memenuhi
2A TH FLOOR	15	4	48.82	97.64	6.53	60.00	Memenuhi
3RD FLOOR	19	4	52.106	104.21	6.57	60.00	Memenuhi
4TH FLOOR	23	4	55.483	110.97	6.75	60.00	Memenuhi
5TH FLOOR	26.5	3.5	56.658	113.32	2.35	52.50	Memenuhi
6TH FLOOR	30	3.5	60.376	120.75	7.44	52.50	Memenuhi
7TH FLOOR	33.5	3.5	64.284	128.57	7.82	52.50	Memenuhi
8TH FLOOR	37	3.5	68.596	137.19	8.62	52.50	Memenuhi
9TH FLOOR	40.5	3.5	73.135	146.27	9.08	52.50	Memenuhi
10TH FLOOR	44	3.5	77.775	155.55	9.28	52.50	Memenuhi
11TH FLOOR	47.5	3.5	82.448	164.90	9.35	52.50	Memenuhi
12TH FLOOR	51	3.5	87.11	174.22	9.32	52.50	Memenuhi
13TH FLOOR	54.5	3.5	91.731	183.46	9.24	52.50	Memenuhi
14TH FLOOR	58	3.5	96.289	192.58	9.12	52.50	Memenuhi
15TH FLOOR	61.5	3.5	100.767	201.53	8.96	52.50	Memenuhi
16TH FLOOR	65	3.5	105.155	210.31	8.78	52.50	Memenuhi
17TH FLOOR	68.5	3.5	109.457	218.91	8.60	52.50	Memenuhi
18TH FLOOR	72	3.5	113.871	227.74	8.83	52.50	Memenuhi
19TH FLOOR	75.5	3.5	118.127	236.25	8.51	52.50	Memenuhi
20TH FLOOR	79	3.5	122.217	244.43	8.18	52.50	Memenuhi
21ST FLOOR	82.5	3.5	126.13	252.26	7.83	52.50	Memenuhi
22ND FLOOR	86	3.5	129.85	259.70	7.44	52.50	Memenuhi
23RD FLOOR	89.5	3.5	133.365	266.73	7.03	52.50	Memenuhi
24TH FLOOR	93	3.5	136.661	273.32	6.59	52.50	Memenuhi
25TH FLOOR	96.5	3.5	139.729	279.46	6.14	52.50	Memenuhi
26TH FLOOR	100	3.5	142.568	285.14	5.68	52.50	Memenuhi
27TH FLOOR	103.5	3.5	145.197	290.39	5.26	52.50	Memenuhi
28TH FLOOR	107	3.5	148.02	296.04	5.65	52.50	Memenuhi
29TH FLOOR	110.5	3.5	150.442	300.88	4.84	52.50	Memenuhi
30TH FLOOR	114	3.5	152.487	304.97	4.09	52.50	Memenuhi
ROOF FLOOR	117.5	3.5	154.165	308.33	3.36	52.50	Memenuhi
ROOF FLOOR'	121.45	3.95	159.024	318.05	9.72	59.25	Memenuhi

Pada Tabel 4.20 tersebut didapat nilai  $\delta x$  Lantai Pemeliharaan sebesar  $69.31 < D'm = 268.7$  mm, sehingga perpindahan maksimum base isolator dapat memenuhi persyaratan.

Dari kedua tabel diatas dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai struktur isolasi dan perpindahan base isolator ( $\delta x$  Lantai Pemeliharaan) memenuhi syarat.

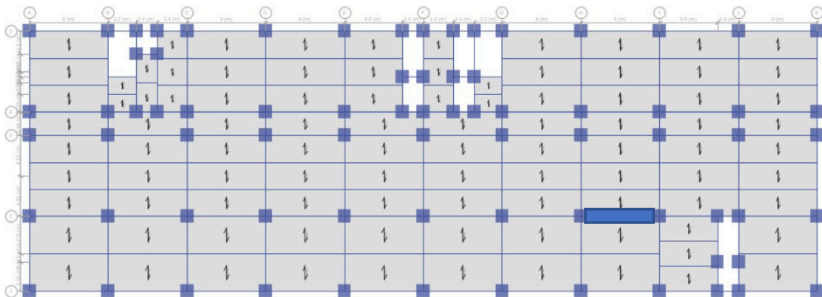
### 4.3 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729:2015.

#### 4.3.1 Perencanaan Balok Induk

##### 4.3.1.1 Perencanaan Balok Induk Arah Memanjang

Balok induk arah melintang direncanakan menggunakan profil WF 700x300x13x24, dengan data – data sebagai berikut:



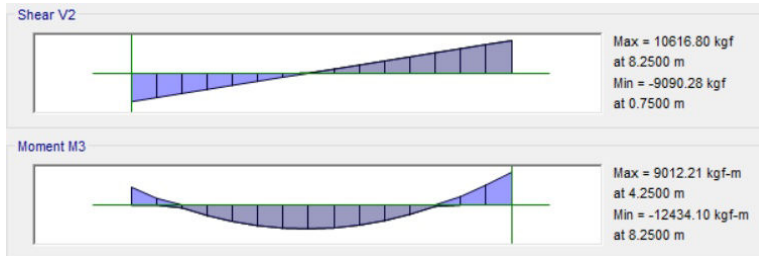
Gambar 4.30 Balok Induk Memanjang yang ditinjau

$W = 185 \text{ kg/m}$	$r = 28 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 235.5 \text{ cm}^2$	$Z_x = 6248.8 \text{ cm}^3$	$= 596 \text{ mm}$
$d = 700 \text{ mm}$	$Z_y = 1107.5 \text{ cm}^3$	$S_x = 5760 \text{ cm}^3$
$b_f = 300 \text{ mm}$	$i_x = 29.3 \text{ cm}$	$S_y = 722 \text{ cm}^3$
$t_w = 13 \text{ mm}$	$i_y = 6.78 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 24 \text{ mm}$	$I_x = 201000 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 10800 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

a. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton.

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.31 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} M_{\max} &: 12434.1 \text{ kgm} \\ V_{\max} &: 10616.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45.846$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 6248.8 \times 2500 = 15621970 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$12434.1 \leq 0.9 \times 156219.7$$

$$12434.1 \leq 140597.7 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 300 \text{ cm}$$

Dipasang Lateral Support

$$L_p = 339.5018 \text{ cm}$$

Tabel  $L_p$  &  $L_r$

$$L_r = 980.6543 \text{ cm}$$

Tabel  $L_p$  &  $L_r$

$L_b \leq L_p$  (Bentang Pendek), keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 53.846$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63.357$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 70 \times 1.3 \times 1 = 136500 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$10616.8 \leq 136500 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

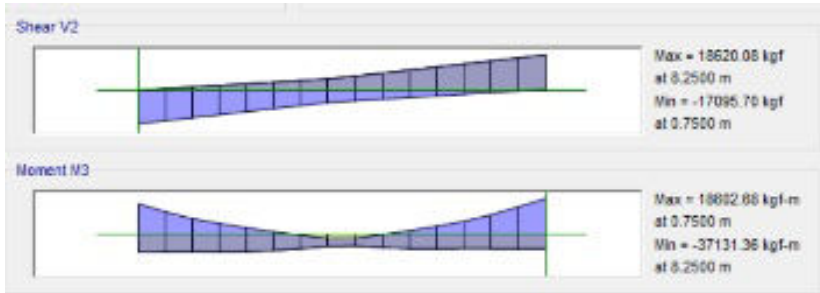
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.5 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.192 \text{ cm (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.192 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

b. Setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya servis telah terjadi. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.32 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit

$M_{max} : 37131.36 \text{ kgm}$

$V_{max} : 18620.08 \text{ kg}$

1. Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif

$$B_{eff} \leq \frac{1}{8} L = \frac{1}{8} 900 = 225 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq \frac{1}{2} S = \frac{1}{2} 900 = 450 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai  $B_{eff} = 225 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45.846$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Kontrol Momen

$$C1 = 0.85 f'_c t_{plat} b_{eff} = 0.85 \times 300 \times 13 \times 225 = 745875 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 235.5 \times 2500 = 588750 \text{ kg}$$

Karena  $C2 < C1$ , maka garis netral terletak pada beton

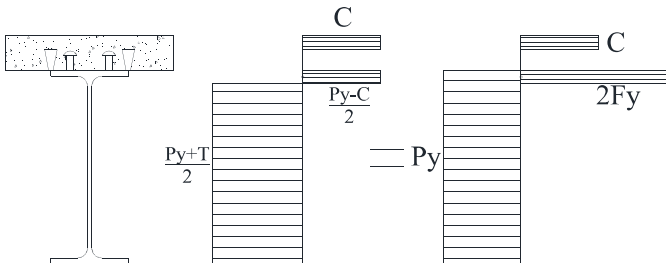
$$a = \frac{c}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_{eff}} = \frac{588750}{0.85 \cdot 300 \cdot 225} = 10.26 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + w_r - a/2 = 54 + 76 - 51.3 = 78.69 \text{ mm}$$

$d2 = 0$  (Profil baja tidak mengalami tekan)

$$d3 = d/2 = 700/2 = 350 \text{ mm}$$

$$e = d1 + d2 + d3 = 78.69 + 0 + 350 = 42.869 \text{ cm}$$



Gambar 4.33 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T \times e = 588750 \times 42.869 = 25239289.2 \text{ kgcm} = 252392.9 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$31131.36 \leq 0.9 \times 252392.9$$

$$31131.36 \leq 227153.6 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45.846$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$



$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 70 \times 1.3 \times 1 = 136500 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$18620.08 \leq 136500 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 900 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{780}{360} = 2.5 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.2406 \text{ (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.2406 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

## 2. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \text{Beff/Jarak tulangan} = 225/25 = 9 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 20 \text{ mm}$$

- Menghitung momen nominal

$$T = n.A_r.f_y = 9 \times 0.785 \times 2500 = 17678.571 \text{ kg}$$

$$P_y = A_s f_y = 235.5 \times 2500 = 588750 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil  $P_f$

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30 \times 2.4 \times 2500 = 180000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{588750 - 17678.571}{2} - 180000 = 105535 \text{ kg}$$

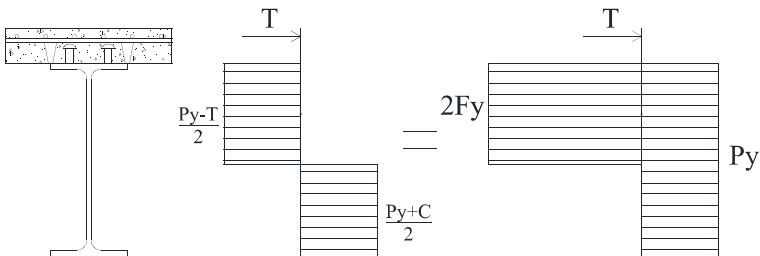
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{105535}{1.3 \times 2500} = 54.879 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0,5 t_f) + (P_w (t_f + 0,5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(180000 \times 0,5 \times 2,4) + (105535 (2,4 + 0,5 \times 54,879))}{180000 + 105535} = 11,8 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 35$$

$$d_1 = h_r + t_{\text{plat}} - c = 5,4 + 7,6 - 2 = 16,4 \text{ cm}$$



Gambar 4.34 Distribusi Tegangan Plastik Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) = 17678,57(16,4 + 11,785) + 588750(35 - 11,785) = 14165957,9 \text{ kgcm} = 141659,6 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$37131,63 \leq 0,9 \times 141659,6$$

$$37131,63 \leq 127493,62 \text{ kgm (OK)}$$

### 3. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 2,83 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} / f_c = 0,043 \times 2400^{1,5} / 30 = 27691,5 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0,5} = 0,5 \cdot 2,83 \cdot (300 \cdot 27691,5)^{0,5} = 129263,36 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 2.83 \times 4100 = 8722.02 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{588750}{2 \times 8722.02} = 33.75 = 34 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 13 = 104 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{34} = 26.5 = 26 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Qn} = \frac{17678.57}{2 \times 8722.02} = 1.08 = 2 \text{ buah}$$

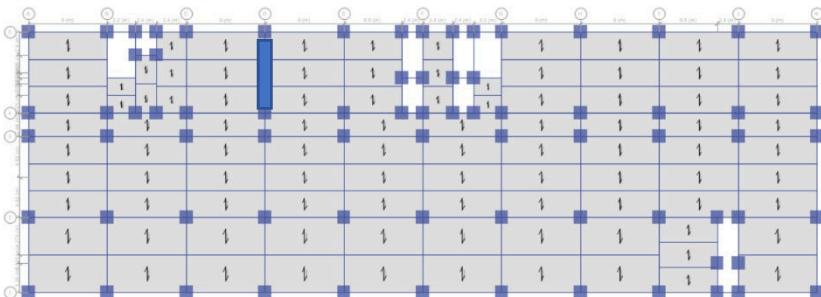
Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{\min} = 6 \times d_s = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 13 = 104 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{2} = 450 = 26 \text{ cm}$$

#### 4.3.1.2 Perencanaan Balok Induk Arah Melintang



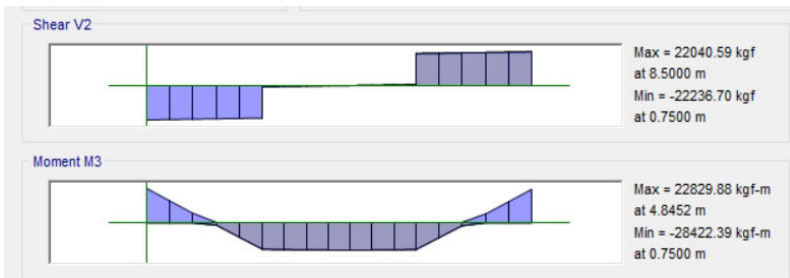
Gambar 4.35 Balok Induk Melintang yang ditinjau

Balok induk arah melintang direncanakan menggunakan profil WF 700x300x13x24, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 185 \text{ kg/m}$	$r = 28 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 235.5 \text{ cm}^2$	$Z_x = 6248.8 \text{ cm}^3$	$= 596 \text{ mm}$
$d = 700 \text{ mm}$	$Z_y = 1107.5 \text{ cm}^3$	$S_x = 5760 \text{ cm}^3$
$b_f = 300 \text{ mm}$	$i_x = 29.3 \text{ cm}$	$S_y = 722 \text{ cm}^3$
$t_w = 13 \text{ mm}$	$i_y = 6.78 \text{ cm}$	$f_y = 250 \text{ Mpa}$
$t_f = 24 \text{ mm}$	$I_x = 201000 \text{ cm}^4$	$f_u = 410 \text{ Mpa}$
	$I_y = 10800 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$

a. Sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, beban yang dipikul terdiri dari beban profil, beban pelat bondek dan beban pelat beton. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.36 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Sebelum Komposit

$M_{max} : 28422.39 \text{ kgm}$

$V_{max} : 22236.7 \text{ kg}$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.748$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

○ Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45.846$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak)

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 6248.8 \times 2500 = 15621970 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$28422.39 \leq 0.9 \times 156219.7$$

$$28422.39 \leq 140597.7 \text{ kgm (OK)}$$

• Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 300 \text{ cm}$$

Dipasang Lateral Support

$$L_p = 339.5018 \text{ cm}$$

Tabel  $L_p$  &  $L_r$

$$L_r = 980.6543 \text{ cm}$$

Tabel  $L_p$  &  $L_r$

$L_b \leq L_p$  (Bentang Pendek), keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

• Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 53.846$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63.357$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 70 \times 1.3 \times 1 = 136500 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$22236.7 \leq 136500 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 925 \text{ cm}$$

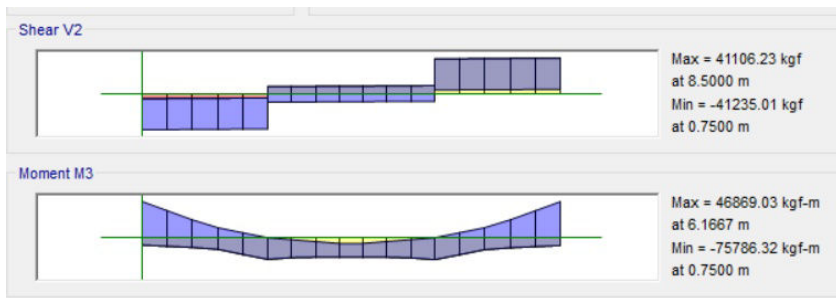
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{925}{360} = 2.57 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.436 \text{ cm (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.436 \text{ cm} < 2.57 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

- b. Setelah komposit

Pada kondisi setelah komposit, gaya servis telah terjadi. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam maksimum balok sebagai berikut:



Gambar 4.37 Gaya Dalam Balok Induk Memanjang Setelah Komposit

$$M_{\max} : 75786.32 \text{ kgm}$$

$$V_{\max} : 41235.01 \text{ kg}$$

#### 4. Zona Momen Positif

Menghitung momen nominal

- Lebar efektif

$$B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{8} L = \frac{1}{8} 925 = 231.25 \text{ cm}$$

$$B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{2} S = \frac{1}{2} 925 = 462.5 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai  $B_{\text{eff}} = 231.25 \text{ cm}$

- Kriteria penampang

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45.846$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.349$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang kompak), sehingga momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

- Kontrol Momen

$$C1 = 0.85 f_c' t_{plat} b_{eff} = 0.85 \times 300 \times 13 \times 225 = 745875 \text{ kg}$$

$$C2 = A_s f_y = 235.5 \times 2500 = 588750 \text{ kg}$$

Karena  $C2 < C1$ , maka garis netral terletak pada beton

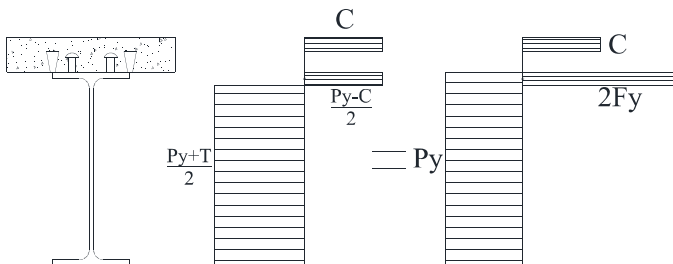
$$a = \frac{c}{0.85 f_c' b_{eff}} = \frac{588750}{0.85 \times 300 \times 231.25} = 9.984 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + w_r - a/2 = 54 + 76 - 49.92 = 8.008 \text{ mm}$$

$$d2 = 0 \text{ (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d3 = d/2 = 700/2 = 350 \text{ mm}$$

$$e = d1 + d2 + d3 = 8.008 + 0 + 350 = 43.008 \text{ cm}$$



Gambar 4.38 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Positif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T \times e = 588750 \times 43.008 = 25320930 \text{ kgcm} = 253209.3 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$75786.32 \leq 0.9 \times 253209.3$$

$$75786.32 \leq 227888.4 \text{ kgm (OK)}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{596}{13} = 45.846$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63.3567$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times 70 \times 1.3 \times 1 = 136500 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi_v V_n$$

$$41235.01 \leq 136500 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 925 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{780}{360} = 2.569 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0.8123 \text{ (Hasil dari program ETABS)}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0.8123 \text{ cm} < 2.569 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$$

## 5. Zona Momen negatif

Data tulangan negatif pelat:

$$\text{Diameter} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (Ar)} = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = B_{eff} / \text{Jarak tulangan} = 225 / 25 = 9 \text{ buah}$$

$$\text{selimut beton (c)} = 20 \text{ mm}$$

- Menghitung momen nominal

$$T = n \cdot A_r \cdot f_y = 9 \times 0.785 \times 2500 = 17678.571 \text{ kg}$$

$$P_y = A_s f_y = 235.5 \times 2500 = 588750 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil  $P_f$

$$P_f = b_f \times t_f \times f_y = 30 \times 2.4 \times 2500 = 180000 \text{ kg}$$



Gaya pada badan profil

$$P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f = \frac{588750 - 17678.571}{2} - 180000 = 105535 \text{ kg}$$

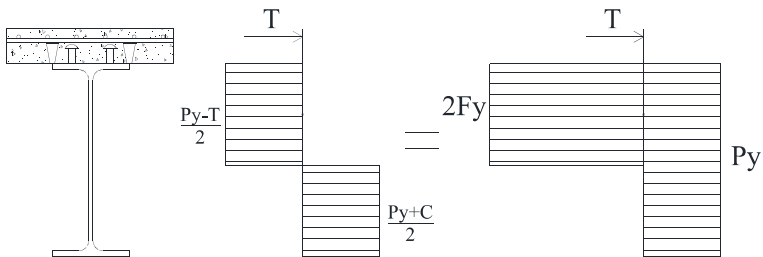
$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot F_y} = \frac{105535}{1.3 \times 2500} = 54.879 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{(P_f \times 0.5 t_f) + (P_w (t_f + 0.5 a_w))}{P_f + P_w}$$

$$d_2 = \frac{(180000 \times 0.5 \times 2.4) + (105535 (2.4 + 0.5 \times 54.879))}{180000 + 105535} = 11.8 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = 35$$

$$d_1 = h_r + t_{\text{plat}} - c = 5.4 + 7.6 - 2 = 16.4 \text{ cm}$$



Gambar 4.39 Distribusi Tegangan Plastis Daerah Momen Negatif Balok Induk Memanjang

$$M_n = T (d_1 + d_2) + P_y (d_3 - d_2) = 17678.57 (16.4 + 11.785) + 588750 (35 - 11.785) = 14165957.9 \text{ kgcm} = 141659.6 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$75786.32 \leq 0.9 \times 141659.6$$

$$75786.32 \leq 127493.62 \text{ kgm (OK)}$$

#### 6. Perencanaan Shear Connector (Stud)

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 2.83 \text{ cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1.5} \sqrt{f_c} = 0,043 \times 2400^{1.5} \sqrt{30} = 27691,5 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (f_c' \cdot E_c)^{0.5} = 0,5 \cdot 2.83 \cdot (300 \cdot 27691,5)^{0.5} = 129263.36 \text{ N}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0.75 \times 2.83 \times 4100 = 8722.02 \text{ kg}$$

Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{8722.02}{2 \times 129263.36} = 33.75 = 34 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen positif adalah:

$$S_{min} = 6 \times d_s = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 8 \times t_{plat} = 8 \times 13 = 104 \text{ cm}$$

$$S = \frac{L}{N} = \frac{925}{34} = 27.2 = 26 \text{ cm}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{v'}{2Q_n} = \frac{17678.57}{2 \times 8718.509} = 1.01 = 2 \text{ buah}$$

Jarak antar penghubung geser momen negatif adalah:

$$S_{min} = 6 \times d_s = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 8 \times t_{plat} = 8 \times 13 = 104 \text{ cm}$$

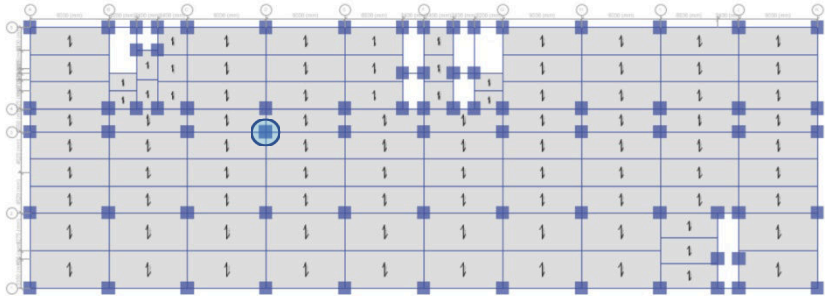
$$S = \frac{L}{N} = \frac{925}{2} = 462.5 = 26 \text{ cm}$$

#### 4.3.1.3 Rekapitulasi Perencanaan Balok Induk

Tabel 4.21 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Type	Profil	Mutu Baja BJ 41	
		$f_y$	$f_u$
Balok Induk 1	WF 700 x 300 x 13 x 24	250 Mpa	410 Mpa
Balok Induk 2	WF 500 x 200 x 9 x 14	250 Mpa	410 Mpa

### 4.3.2 Perencanaan Kolom



Gambar 4.40 Kolom yang Ditinjau

Direncanakan dengan menggunakan kolom komposit CFT  
(Concrete Filled Tube) 1200x1200x50 (*built-up section*)

H = 1200 mm	$I_x = 7107107.8 \text{ cm}^4$	$A_s = 2300 \text{ cm}^2$
B = 1200 mm	$I_y = 7107107.8 \text{ cm}^4$	$A_c = 12100 \text{ cm}^2$
t = 50 mm	$Z_x = 154557.5 \text{ cm}^3$	$E_s = 200000 \text{ Mpa}$
$f'_c = 50 \text{ Mpa}$	$Z_y = 154557.5 \text{ cm}^3$	$E_c = 0.043 \times W_c \times 1.5 \sqrt{f'_c}$
	$f_y = 250 \text{ Mpa}$	$E_c = 33234.02 \text{ kg/cm}^2$
	$f_u = 410 \text{ Mpa}$	

Dari hasil analisa ETABS didapatkan gaya dalam yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Gaya akibat beban gravitasi

$P_u$  : 2197376.52 kg

$M_{ux}$  : 837.27 kgm

$M_{uy}$  : 48286.62 kgm

- Gaya akibat beban gempa

$P_u$  : 2054220.49 kg

$M_{ux}$  : 22588.67 kgm

$M_{uy}$  : 58592.54 kgm

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 1\%$$

$$\frac{2300}{12100 + 2300} \times 100\% \geq 1\%$$

$$15,97\% \geq 1\%$$

- Kuat nominal tekan

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{1100}{2 \times 50} = 11$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 63,922$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 2300 + 0,85 \times 500 (12100 + 0)$$

$$P_p = 10892500 \text{ kg}$$

- Momen nominal kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk local

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{1100}{2 \times 50} = 11$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2000000}{2500}} = 31,678$$

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Penampang kompak sehingga,  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 154557,5 \times 2500 = 386393750 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

$$5859254 \leq 0,9 \times 386393750$$

$$5859254 \leq 347754375 \text{ kgcm (OK)}$$

○ Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

1. Arah sumbu X

a) Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari analisa ETABS diperoleh sebagai berikut

$$M1 = 142.53 \text{ kgm}$$

$$M2 = 837.27 \text{ kgm}$$

$$M_{lt} = 837.27 \text{ kgm}$$

$$M_{nt} = 22588.67 \text{ kgm}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M1}{M2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{142.53}{837.27} \right) = 0,532$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} = \frac{(\pi)^2 \times 2 \times 10^6 \times 7107107.8}{(1 \times 350)^2} = 1145213754 \text{ kg}$$

$$B1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$B1 = \frac{0,532}{1 - 1 \cdot \frac{10892500}{1145213754}} \geq 1$$

$$B1 = 0.537 \geq 1$$

$$B1 = 1$$

b) Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS diperoleh output sebagai berikut

$$P_{story} = 2054220.49 \text{ kg}$$

$$P_{e \text{ story}} = \frac{R_m \cdot H \cdot L}{\Delta H} = \frac{0,69 \cdot 21693,36 \cdot 350}{0,7} = 7191627.199 \text{ kg}$$

$$B2 = \frac{1}{(1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e \text{ story}}})} = \frac{1}{(1 - \frac{1.2054220.49}{7191627.199})} = 1,4 \geq 1$$

c) Momen terfaktor terhadap sumbu

$$M_{rx} = B1 M_{lt} + B2 M_{nt} = 1 \times 837.27 + 1,4 \times 22588.67$$

$$M_{rx} = 32458.14465 \text{ kgm}$$

## 2. Arah sumbu Y

## a) Kontrol momen terhdap beban gravitasi

Dari analisa ETABS diperoleh sebagai berikut

$$M1 = 5908.01 \text{ kgm}$$

$$M2 = 48286.62 \text{ kgm}$$

$$M_{lt} = 48286.62 \text{ kgm}$$

$$M_{nt} = 58592.54 \text{ kgm}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M1}{M2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{5908.01}{48286.62} \right) = 0,551$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} = \frac{(\pi)^2 \times 2 \times 10^6 \times 7107107.8}{(1 \times 350)^2} = 1145213754 \text{ kg}$$

$$B1 = \frac{\frac{C_m}{P_{e1}}}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$B1 = \frac{0.551}{1 - 1. \frac{10892500}{1145213754}} \geq 1$$

$$B1 = 0.556 \geq 1$$

$$B1 = 1$$

## b) Kontrol momen terhdap beban lateral

Dari ETABS diperoleh output sebagai berikut

$$P_{story} = 2054220.49 \text{ kg}$$

$$P_{e \text{ story}} = \frac{Rm.H.L}{\Delta H} = \frac{0,69.13757,77.350}{0,7} = 4560877.288 \text{ kg}$$

$$B2 = \frac{1}{(1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{estory}})} = \frac{1}{(1 - \frac{1.2054220,49}{4560877.288})} = 1,82 \geq 1$$

## c) Momen terfaktor terhadap sumbu

$$M_{ry} = B1 M_{lt} + B2 M_{nt} = 1 \times 48286,62 + 1,82 \times 58592.54$$

$$M_{ry} = 154896.1029 \text{ kgm}$$

- Kuat aksial orde kedua

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{l_t} = 2197376,52 + 1,82 \times 2054220,49$$

$$P_r = 5935043,194 \text{ kg}$$

- Kontrol interaksi aksial momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{5935043,194}{0,9 \times 10892500} = 0,61 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{\phi_b M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$0,61 + \frac{8}{9} \left( \frac{32458,14}{3477544} + \frac{154896,1}{3477544} \right) \leq 1$$

$$0,653 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Maka Kolom CFT 1200 x 1200 x 50 dapat digunakan.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Lantai	Kolom CFT
Ground Floor – 6 <sup>th</sup> Floor	CFT 1200 x 1200 x 50
7 <sup>th</sup> Floor – 16 <sup>th</sup> Floor	CFT 800 x 800 x 32
17 <sup>th</sup> Floor – 26 <sup>th</sup> Floor	CFT 650 x 650 x 25
27 <sup>th</sup> Floor – Roof Floor	CFT 400 x 400 x 25

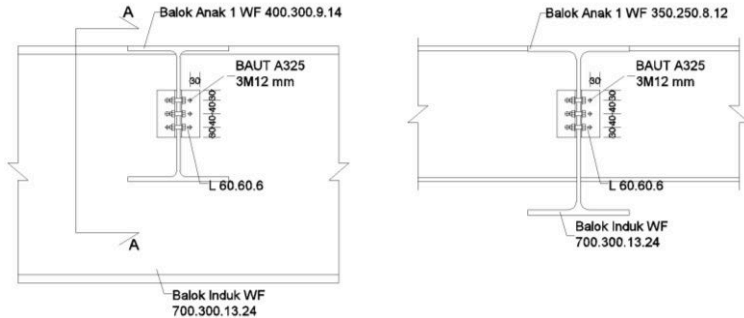
## 4.4 Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan pada tugas akhir ini menggunakan peraturan SNI 1729:2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural dengan metode DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)

### 4.4.1 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Sambungan balok induk dengan balok anak menggunakan tipe sambungan *simple connection*. Sambungan ini di desain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak. Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak terbesar sebesar 22071.965 kg, dengan dimensi balok anak WF

500x300x11x18 dan balok induk WF 700x300x13x24. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60x60x6 dengan baut ukuran M12;  $A_s=1,131 \text{ cm}^2$ .



Gambar 4.41 Sambungan Balok Anak 1 dengan Balok Induk

- Sambungan pada badan balok anak

Mutu baut A325 ( $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ ) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$\phi.R_n = \phi.F_{nv}.A_b.m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,131 \cdot 2 = 7752,822 \text{ kg}$   
(Menentukan)

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 30 - 0,5(12+1,5) = 23,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 23,25 \cdot 1,1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 4100$$

$$= 12792,6 \text{ kg} \leq 12988,8 \text{ kg (OK)}$$

$$\phi.R_n = 0,75 \cdot 12792,6 = 9694,461 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \phi V_n = 22071,97 / 7752,822 = 2,85 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut M12.

- Sambungan pada badan balok induk

Mutu baut A325 ( $F_{nv}=4750\text{kg/cm}^2$ ) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2.



Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.R_n &= \emptyset.F_{nv}.A_b.m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,822 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 30 - 0,5 (12 + 1,5) = 23,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 23,25 \cdot 1,3 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 4100 \\ &= 15118,55 \text{ kg} \leq 15350,4 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 15118,55 = 11338,91 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 22071,97 / 7752,822 = 2,85 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 30 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,5 db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} = 36 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

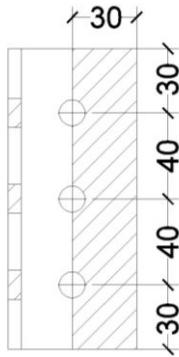
$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6

BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned}\emptyset \text{ lubang} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.42 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Anak Atap dengan Balok Induk

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{siku} = 14 \times 0,6 = 8,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (14 - 2 \times 1,35) \times 0,6 = 6,78 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\phi P_u = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 8,4 \cdot 2500 = 18900 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus

$$\phi P_u = \phi A_n f_u = 0,9 \cdot 6,78 \cdot 4100 = 20848,5 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$2\phi P_u = 2 \cdot 18900 = 37800 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2 \phi P_u \rightarrow 22071,97 \text{ kg} < 37800 \text{ kg (OK)}$$

Tabel 4.23 Rekapitulasi Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

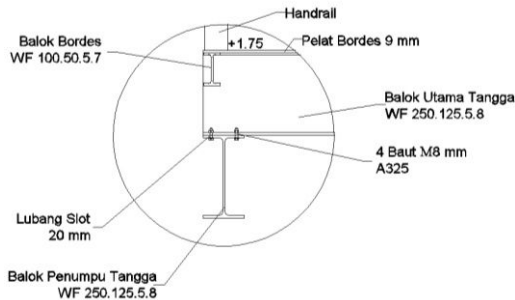
Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut
Balok Anak 1 & Balok Induk	Badan BA	L 60 x 60 x 6	3Ø12
	Badan BI	L 60 x 60 x 6	3Ø12
Balok Anak 2 & Balok Induk	Badan BA	L 60 x 60 x 6	3Ø12
	Badan BI	L 60 x 60 x 6	3Ø12
Balok Anak 3 & Balok Induk	Badan BA	L 60 x 60 x 6	2Ø12
	Badan BI	L 60 x 60 x 6	2Ø12

#### 4.4.2 Sambungan Balok Tangga

Sambungan balok tangga menggunakan tipe sambungan *simple connection*.

##### 4.4.2.1 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

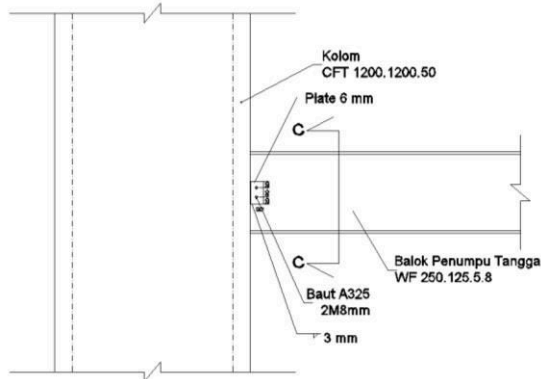
Sambungan antara balok tangga utama dengan balok penumpu tangga direncanakan sebagai perletakan rol. Sehingga, dimensi balok utama tangga WF 250x125x5x8 berada diatas balok penumpu tangga WF 250x125x5x8 dan dipasang 4 baut ukuran M8 dengan lubang slot sepanjang  $2,5d_b = 20 \text{ mm}$ .



Gambar 4.43 Sambungan Balok Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

#### 4.4.2.2 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar 2245,746 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga WF 250x125x5x8 dan dimensi kolom CFT 400x400x25.



Gambar 4.44 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

- Sambungan balok penumpu tangga dengan pelat:  
 Profil pelat 6 mm  
 baut = M8;  $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$

Mutu baut A325 ( $F_{nv}=4750\text{kg/cm}^2$ ) berdasarkan SNI 1729:2015  
Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 0,503 \cdot 1 \\ &= 1722,849 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 20 - 0,5 (8+1,5) = 15,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$\begin{aligned}&= 1,2 \cdot 15,25 \cdot 0,5 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 4100 \\ &= 3814 \text{ kg} \leq 3936 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 3814 = 2860,5 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \phi V_n = 2245,746 / 1722,8 = 1,3 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut M8.

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 12 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pakai S1 = 20 mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,5 db \text{ atau Tabel J3.4 s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 12 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pakai S2 = 20 mm

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} = 24 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm}$$

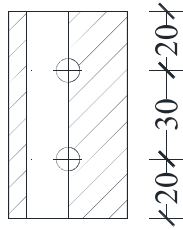
Pakai S = 30 mm

Kontrol kekuatan pelat penyambung

Tebal pelat penyambung 6 mm

BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned}\phi \text{ lubang} &= 8 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 4.45 Detail Pelat Siku Sambungan Balok Penumpu  
Tangga dengan Kolom

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 7 \times 0,6 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (7 - 2 \times 0,95) \times 0,6 = 3,06 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\phi P_u = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 4,2 \cdot 2500 = 9450 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\phi P_u = \phi A_n f_u = 0,75 \cdot 3,06 \cdot 4100 = 9409,5 \text{ kg (Menentukan)}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi P_u \rightarrow 2245,746 \text{ kg} < 9409,5 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan Las Kolom dengan Pelat

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$

Panjang Pelat ( $d_{\text{plat}}$ ) = 7 cm

Mutu las yang digunakan  $F_{E70XX}$

$$A_{we} = t_e \cdot (d_{\text{plat}})$$

$$= 1 \times (7)$$

$$= 7 \text{ cm}^2$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{2245,746}{7} = 320,821 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi F_{nv} = \phi \times 0,6 \times F_{EXX} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{320,821}{2214,45} = 0,145 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,145}{0,707} = 0,205 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga  $a_{\min} = 3 \text{ mm}$

Maka dipakai las sudut dengan tebal 3 mm.

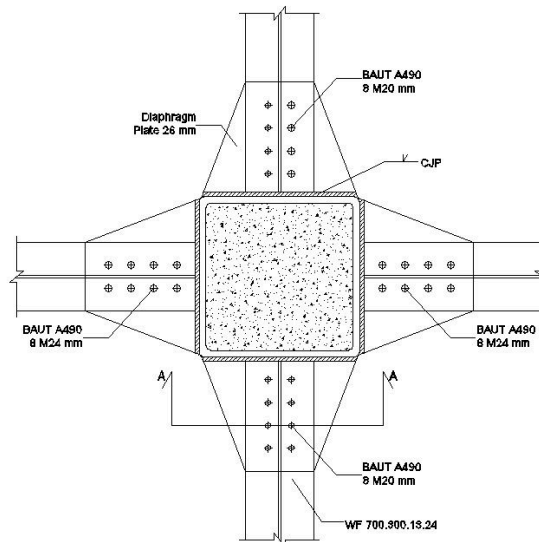
#### 4.4.3 Sambungan Balok Balok Induk dengan Kolom

Sambungan antar balok induk – kolom direncanakan sebagai *rigid connection*, yang mana tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku.

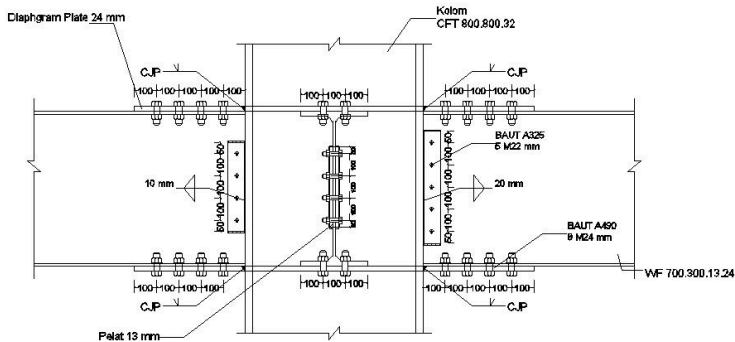
Balok Induk = WF 700 x 300 x 13 x 24

Kolom = CFT 1200 x 1200 x 50

Mutu Las = FE<sub>110xx</sub>



Gambar 4.46 Tampak Atas Sambungan Balok Induk dengan Kolom



Gambar 4.47 Tampak Samping Sambungan Balok Induk dengan Kolom

- Perhitungan gaya geser pada sambungan
- Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned} Mu^* &= 1,1 \times R_y \times Z_x \times F_y \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 1835,7 \times 2500 \\ &= 7572262,5 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu1 &= 2 \times Mu/L \\ &= 2 \times 7572262/900 = 16827,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Akibat beban kombinasi

Dari program ETABS, diperoleh  $V_u$  akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} Vu2 &= 18620,08 \text{ kg} \\ Vu \text{ total} &= 18620,08 + 16827,25 \\ &= 35447,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan geser pada badan balok

$$\text{Baut} = M20; A_s = 3,142 \text{ cm}^2$$

Mutu baut A325 ( $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2

Pelat menggunakan tipe *single plate* ( $t = 13 \text{ mm}$ )



Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 3,142 \cdot 2 \\ &= 21535,618 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut:

$$\begin{aligned}\ell_c &= 30 - 0,5 (20+1,5) = 19,25 \text{ mm} \\ R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 19,25 \cdot 1,3 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 4100 \\ &= 12312,3 \text{ kg} \leq 25584 \text{ kg} \\ \phi R_n &= 0,75 \cdot 12312,3 = 9234,225 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = V_u / T_d = 35447,33 / 9234,225 = 3,8 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut dengan ukuran M20.

Kontrol jarak baut:

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S1)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d 152 mm}\end{aligned}$$

Pakai S1 = 30 mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d 152 mm}\end{aligned}$$

Pakai S2 = 30 mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut : (S)} &= 3db \text{ s/d 15tp atau 200 mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d 195 mm}\end{aligned}$$

Pakai S = 100 mm

Ukuran Plat:

$$\text{Panjang} = 30 + (4-1) \times 100 + 30 = 360 \text{ mm} = 36 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 30 + 30 = 60 \text{ mm} = 6 \text{ cm}$$

○ Sambungan geser pada kolom

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$

Panjang Pelat (d plat) = 36 cm

Lebar Pelat (l plat) = 6 cm

Mutu las yang digunakan  $F_{E110xx}$

$$A_1 = t_e \cdot (2 \cdot d_{\text{plat}} + 4 \cdot l_{\text{plat}})$$

$$= 1 \times (2,36 + 4,6)$$

$$= 96 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left( 2 \times \left( \frac{1}{12} \times 36^3 \right) \right) + 4 \left( \frac{1}{12} \times 36 \times 1^3 + 36 \times 1 \times 18^2 \right)$$

$$= 5444 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 54444/18 = 3024,667 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{35447,33}{96} = 369,243 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{7572262,5}{3024,667} = 2503,503 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{369,243^2 + 2503,503^2}$$

$$= 2530,5866 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{\emptyset F_{nw}} = \frac{2530,5866}{3479,85} = 0,7 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,7}{0,707} = 1 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga  $a_{\min} = 5 \text{ mm}$ , maka dipakai las sudut dari hasil perhitungan dengan tebal 1 cm.

Kontrol pelat penyambung:

Direncanakan pelat penyambung  $500 \times 13 \text{ mm}$

Mutu Pelat Baja BJ 41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

Diameter lubang (lubang dibuat dengan bor =  $20 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = 21,5 \text{ mm}$ )

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 36 \times 1,3 = 46,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (36 - 4 \times 2,15) \times 1,3 = 35,62 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\phi P_u = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 46,8 \cdot 2500 = 105300 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus

$$\phi P_u = \phi A_n f_u = 0,75 \cdot 35,62 \cdot 4100 = 109531,5 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi P_u \rightarrow 35447,33 \text{ kg} < 210600 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan pada diaphragm plat dengan kolom

$$P_u = \frac{M_u}{D_{\text{balok}}} = \frac{7572262,5}{70} = 108175,18 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$t_e = 2,4 \text{ cm}$$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 2,4 = 8351,64 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_l = t_e \cdot d_{\text{plat}}$$

$$= 2,4 \times 30 = 72 \text{ cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \frac{P_u}{A} = \frac{108175,18}{72} = 1502,43 \text{ kg/cm}^2 \leq F_{nw} \text{ (OK)}$$

- Sambungan pada diaphragm plat dengan sayap balok

Plate tebal 24 mm

$$\text{baut} = \text{M20}; A_s = 3,142 \text{ cm}^2$$

Mutu baut A490 ( $F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 3,142 \cdot 2 \\ &= 27284,73 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut:

$$\ell_c = 100 - 0,5 (20+1,5) = 89,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 8,925 \cdot 2,4 \cdot 5000 \leq 2,4 \cdot 2 \cdot 2,4 \cdot 5000 \\ &= 128520 \text{ kg} \leq 57600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 57600 = 27284,732 \text{ kg}$$

Jumlah baut:

$$n = V_u / \emptyset V_n = 108175,18 / 27284,732 = 3,96 \approx 16 \text{ buah}$$

Dipasang 16 buah baut pada setiap baris dipasang 4 buah baut dengan ukuran M20.

Kontrol geser:

$$V_u = P_u / n = 108175,18 / 16 = 6760,95 < \emptyset V_n \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak baut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d 196 mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d 196 mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut : (S)} &= 3db \text{ s/d 15tp atau 200 mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d 360 mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran plat (p)} = 100 + ((4-1) \times 100) + 100 = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

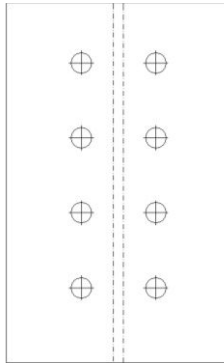
- Kekuatan Diaphragm plate

Dipakai baut tipe tumpu 20 mm

Mutu pelat baja BJ 50 ( $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$ )

Kontrol kekuatan siku penyambung

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ lubang} &= 20 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 21,5 \text{ mm} = 2,15 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.48 Detail Sambungan Diaphragm Plat dengan Sayap Balok

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 50 \times 2,4 = 120 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (50 - 4 \times 2,15) \times 2,4 = 99,36 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\phi P_u = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 120 \cdot 2900 = 313200 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus

$$\phi P_u = \phi A_n f_u = 0,75 \cdot 99,36 \cdot 5000 = 372600 \text{ kg}$$

Terdapat 2 pelat sehingga

$$2\phi P_u = 2 \cdot 313200 = 626400 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\phi P_u \rightarrow 10817,18 \text{ kg} < 626400 \text{ kg (OK)}$$

Tabel 4.24 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut / Las	Sambungan	Elemen	Pelat Penyambung	Baut / Las
BI L = 9 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 13 mm	A 325 4020	BI L = 3,4 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 10 mm	A 325 5024
	Badan BI	Single Plate 13 mm	Las FE110xx 10 mm		Badan BI	Single Plate 10 mm	Las FE110xx 5 mm
	Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 24 mm	A 490 8020		Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 24 mm	A 490 8020		Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Kolom	Diaphragm Plate 24 mm	Las FE110xx 24 mm		Kolom	Diaphragm Plate 16 mm	Las FE110xx 16 mm
BI L = 6,65 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 9 mm	A 325 4020	BI L = 3,2 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 10 mm	A 325 5024
	Badan BI	Single Plate 9 mm	Las FE110xx 10 mm		Badan BI	Single Plate 10 mm	Las FE110xx 5 mm
	Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020		Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020		Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Kolom	Diaphragm Plate 16 mm	Las FE110xx 16 mm		Kolom	Diaphragm Plate 16 mm	Las FE110xx 16 mm
BI L = 9,25 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 13 mm	A 325 5022	BI L = 2,6 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 10 mm	A 325 5024
	Badan BI	Single Plate 13 mm	Las FE110xx 20 mm		Badan BI	Single Plate 10 mm	Las FE110xx 5 mm
	Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 24 mm	A 490 8024		Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 24 mm	A 490 8024		Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Kolom	Diaphragm Plate 24 mm	Las FE110xx 24 mm		Kolom	Diaphragm Plate 16 mm	Las FE110xx 16 mm
BI L = 8,55 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 13 mm	A 325 4022	BI L = 2,4 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 10 mm	A 325 5024
	Badan BI	Single Plate 13 mm	Las FE110xx 10 mm		Badan BI	Single Plate 10 mm	Las FE110xx 5 mm
	Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 24 mm	A 490 8024		Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 24 mm	A 490 8024		Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020
	Kolom	Diaphragm Plate 24 mm	Las FE110xx 24 mm		Kolom	Diaphragm Plate 16 mm	Las FE110xx 16 mm
BI L = 2,66 m & Kolom	Badan BI	Single Plate 16 mm	A 325 5024				
	Badan BI	Single Plate 16 mm	Las FE110xx 10 mm				
	Sayap Atas BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020				
	Sayap Bawah BI	Diaphragm Plate 16 mm	A 490 8020				
	Kolom	Diaphragm Plate 16 mm	Las FE110xx 16 mm				

#### 4.4.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom Pedestal

Sambungan balok induk dengan pedestal direncanakan dengan sambungan tipe kaku (Rigid Connection). Dalam sambungan ini gaya dalam geser ( $V_u$ ) dan momen ( $M_u$ ) balok induk diperhitungkan.

Digunakan baut angkur untuk menyambung balok induk baja dengan beton. Jenis sambungan rigid extended end plate tanpa pengaku digunakan dalam perhitungan sambungan balok induk dengan pedestal.

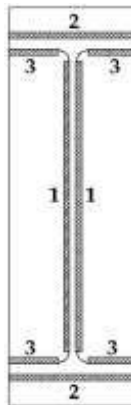
Berikut adalah perhitungan sambungan balok induk dengan kolom pedestal:

Profil Balok Induk: WF 700x300x13x24

$A = 235.5 \text{ cm}^2$	$r = 28 \text{ mm}$
$d = 700 \text{ mm}$	$Z_x = 6248.8 \text{ cm}^3$
$b_f = 300 \text{ mm}$	$Z_y = 1107.5 \text{ cm}^3$
$t_w = 13 \text{ mm}$	$t_f = 24 \text{ mm}$
$f_y = 250 \text{ Mpa}$	$L \text{ Balok} = 9,25 \text{ m}$
$f_u = 410 \text{ Mpa}$	$M_u = 75786.32 \text{ kgm}$
$E = 200000 \text{ MPa}$	$V_u = 41235.01 \text{ kg}$
$f^c = 50 \text{ Mpa}$	$\text{End Plate, } t_p = 50 \text{ mm}$

a. Sambungan las

Sambungan las ini menghubungkan balok induk dengan *extended end plate*. Digunakan mutu las Fe110xx dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$ .



Gambar 4.49 Sambungan Las *Extended End Plate*

$$\begin{aligned}
 \text{Alas} &= (2 \times 1 \times (70 - 2 \times 2,4 - 2 \times 1)) + (2 \times 1 \times 30) + \\
 &\quad (4 \times 1 \times ((30 - 1,3 - 2 \times 1) / 2)) \\
 &= 239,8 \text{ cm}^2 \\
 I_{x1} &= 2 \times (1 / 12 \times 1 \times (70 - 2 \times 2,4 - 2 \times 1)^3) \\
 &= 42072,661 \text{ cm}^4 \\
 I_{x2} &= 2 \times ((1 / 12 \times 30 \times 1^3) + (30 \times 1 \times 35^2)) \\
 &= 73505 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{x3} &= 4 \times ((1 / 12 \times ((30 - 1,3 - 2 \times 1)/2) \times 1^3) + (((30 - 1,3 - (2 \times 1)) / 2) \times 1 \times ((70 - (2 \times 2,4)) / 2)^2)) \\
&= 14192,296 \text{ cm}^4 \\
I_{x\text{total}} &= 42072,661 + 73505 + 14192,296 \\
&= 129769,957 \text{ cm}^4 \\
y &= 70 / 2 = 35 \text{ cm} \\
S_x &= I_x / y = 129769,957 / 35 = 3707,713 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

Akibat beban sentris (Fv):

$$F_v = V_u / A = 41235,01 / 239,8 = 171,956 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban tak sentris (Fh):

$$F_h = M_u / A = 7578632 / 239,8 = 2044,018 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
F_{\text{total}} &= \sqrt{(F_v)^2 + (F_h)^2} \\
&= \sqrt{(171,956)^2 + (2044,018)^2} \\
&= 2051,238 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Kuat rencana las (Fu las)

$$\begin{aligned}
F_{u \text{ las}} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E110xx} \times 70,3 \times 1 \\
&= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1 \\
&= 3479,85 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_e &= F_{\text{total}} / F_{u \text{ las}} \\
&= 2051,238 / 3479,85 \\
&= 0,589 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a &= t_e / 0,707 \\
&= 0,589 / 0,707 \\
&= 0,834 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Untuk tebal pelat  $\geq 15 \text{ mm}$ , tebal minimum las sudut adalah 6 mm.

$$\begin{aligned}
a_{eff \text{ maks}} &= \frac{1,41 \times f_u \times t_p}{f_{E110xx}} = \frac{1,41 \times 4100 \times 5}{110 \times 70,3} \\
&= 3,7378 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Dipakai  $a = 1 \text{ cm}$



b. Sambungan baut angkur

Sambungan baut angkur menghubungkan antara end plate dengan beton. Digunakan baut angkur A 490 (tanpa ulir pada bidang geser) dengan data sebagai berikut:

$$F_u^b = 10350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset = 19 \text{ mm}$$

$$A_b = 2,835 \text{ cm}^2$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot 2,835 \\ &= 11004,459 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut:

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,9 \cdot 5 \cdot 4100 \\ &= 70110 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned} T_d &= 0,75 \cdot F_u \cdot A_b = 0,75 \cdot 10350 \cdot 2,835 \\ &= 22008,918 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut

$$n = V_u / \emptyset V_n = 41235,01 / 11004,459 = 3,747 \approx 12 \text{ buah}$$

Dipasang 12 baut angkur M19 mm mutu A490 untuk menjaga stabilitas struktur.

Kontrol jarak baut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S1)} &= \text{Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d 600 mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut : (S2)} &= 3d_b \text{ s/d 15tp atau 200 mm} \\ &= 72 \text{ mm s/d 750 mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 160 \text{ mm}$$

Kontrol Tarik (Interaksi dengan geser)

$$F_{uv} < \emptyset 0,5 F_{ub}$$

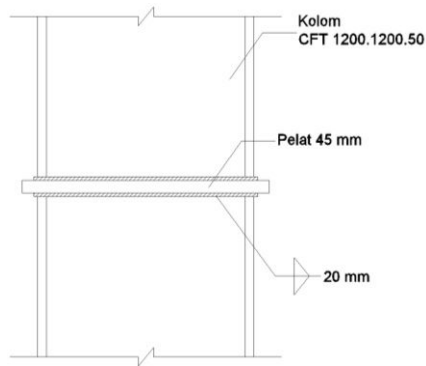
$$\begin{aligned}
 F_{uv} &= V_u / A_b = 41235,01 / 12 \cdot 2,835 \\
 &= 1211,959 \text{ kg/cm}^2 \\
 \varnothing 0,5 F_{ub} &= 0,75 \times 0,5 \times 10350 = 3881,25 \text{ kg/cm}^2 \\
 1211,959 \text{ kg/cm}^2 &< 3881,25 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Not Ok)} \\
 \text{Maka dipakai nilai } &1211,959 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_t &= 1,3F_{ub} - 1,5 F_{uv} \\
 &= 1,3 \times 10350 - 1,5 \times 1211,959 \\
 &= 11637,062 \text{ kg/cm}^2 \\
 T_d &= \varnothing F_t A_b \\
 &= 0,75 \times 11637,062 \times 2,835 \\
 &= 24745,81 \text{ kg} \\
 T_u \text{ maks} &= \frac{M_u \times y \text{ maks}}{\sum y^2} \\
 &= \frac{7578632 \times ((4) + (5 \times 1,6) + (4))}{2 \times (4^2 \times 20^2 \times 36^2 \times 52^2 \times 68^2 \times 84^2 \times 88^2)} \\
 &= 13987,41 \text{ kg} \leq 24745,81 \text{ kg (OK)} \\
 \text{Panjang angkur (Ldb)} & \\
 Ldb &= \frac{F_y \times db}{4\sqrt{f'_c}} \text{ atau } 17 \text{ db} \\
 &= \frac{250 \times 24}{4\sqrt{50}} \\
 &= 273,86 \text{ mm} \\
 &= 17 \times 24 = 408 \text{ mm} \\
 \text{Dipakai panjang angkur } &500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.25 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dengan Kolom Pedestal

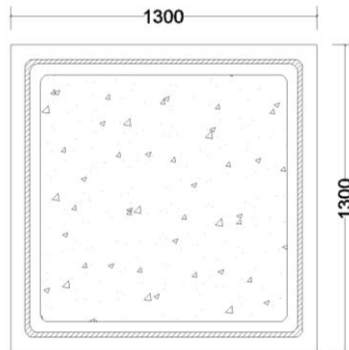
Sambungan	Pelat Penyambung	Baut/Las
K. Pedestal & B.I.1	Extended plate	Las F <sub>E110xx</sub> 10 mm
K. Pedestal & B.I.1	Extended plate	Baut Angkur A490 12 M 19
K. Pedestal & B.I.2	Extended plate	Las F <sub>E110xx</sub> 10 mm
K. Pedestal & B.I.2	Extended plate	Baut Angkur A490 12 M 19

#### 4.4.5 Sambungan Antar Kolom

Kolom disambung menggunakan sambungan las dengan pelat tambahan tebal 45 mm. Profil kolom yang digunakan yaitu HSS 1200x1200x50.



Gambar 4.50 Sambungan Antar Kolom Tampak Samping



Gambar 4.51 Sambungan Antar Kolom Tampak Atas

Mutu las yang digunakan  $F_{E90xx}$ .

• Hasil Output ETABS

$P_u = 2253401,14 \text{ kg}$

$V_u = 38152,5 \text{ kg}$

$M_{u_x} = 22588,7 \text{ kgm}$

$M_{u_y} = 28679,8 \text{ kgm}$

Dimisalkan  $t_e = 1 \text{ cm}$

$A_{las} = 4 \times (1 \times 120) = 480 \text{ cm}^2$

$$I_x = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(120 + 120)^3}{6} = 2304000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(120 + 120)^3}{6} = 2304000 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 120 \times 120 + \left(\frac{120^2}{3}\right) = 19200 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 120 \times 120 + \left(\frac{120^2}{3}\right) = 19200 \text{ cm}^3$$

- Akibat Pu

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u x}{S_x} + \frac{M_u y}{S_y}$$

$$f_v = \frac{2253401,14}{480} + \frac{22588,7}{19200} + \frac{28679,8}{19200}$$

$$f_v = 4696,08 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat Vu

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{38152,5}{480} = 80,978 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_v)^2 + (f_h)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(4696,08)^2 + (80,978)^2} = 4696,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{4696,78}{3479,85} = 1,34971 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,34971}{0,707} = 1,91 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

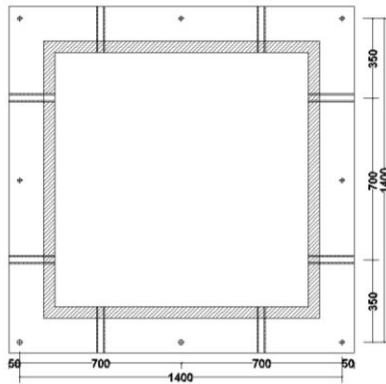
$$t_{plat} = 45 \text{ mm}, a_{min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times f_u \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E110xx}} = \frac{0,6 \times 5000 \times 4,5}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 110 \times 70,3}$$

$$a_{eff} = 2,05 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan a = 2 cm



Gambar 4.53 Tampak Atas *Base Plate*

Dari hasil analisa ETABS 2016 didapat gaya- gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$P_u = 2253401,14 \text{ kg}$$

$$M_{u_x} = 22588,67 \text{ kg.m}$$

$$M_{u_y} = 28679,84 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 38152,45 \text{ kg}$$

- Perencanaan sambungan pada *base plate*

Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil kolom.

Dimisalkan  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 120) = 480 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(120 + 120)^3}{6} = 2304000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(120 + 120)^3}{6} = 2304000 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 120 \times 120 + \left( \frac{120^2}{3} \right) = 19200 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 120 \times 120 + \left( \frac{120^2}{3} \right) = 19200 \text{ cm}^3$$

- Akibat  $P_u$

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u x}{S_x} + \frac{M_u y}{S_y}$$

$$f_v = \frac{2253401,14}{480} + \frac{2258867}{19200} + \frac{2867984}{19200}$$

$$f_v = 4961,609 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat  $V_u$

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{38152,45}{480} = 79,484 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(4961,609)^2 + (79,484)^2} = 4962,246 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{4962,246}{3479,85} = 1,426 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,426}{0,707} = 2,017 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$t_{plat} = 45 \text{ mm}$ ,  $a_{min} = 8 \text{ mm}$

$$a_{eff maks} = \frac{1,41 \times f_u \times t_p}{f_{E110xx}} = \frac{1,41 \times 5000 \times 4,5}{110 \times 70,3}$$

$a_{eff} = 4,103 \text{ cm}$

Digunakan las sudut dengan  $a = 2,1 \text{ cm}$

- Perhitungan *base plate*

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{2867984}{2253401} = 1,2727 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 140 = 23,33 \text{ cm} > e = 1,2727 \text{ cm}$$

Karena  $1/6 h > e$ , maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis).

Direncanakan diameter baut :  $20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$

$$h' \geq w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \cdot d_b = 2 \cdot 2 = 4 \text{ cm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot 2 = 3,375 \text{ cm}$$

$$h' \geq 4 + 3,375 = 7,375 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 140 - 0,5 \cdot 7,375 = 136,31 \text{ cm}$$

$$B = 140 \text{ cm}$$

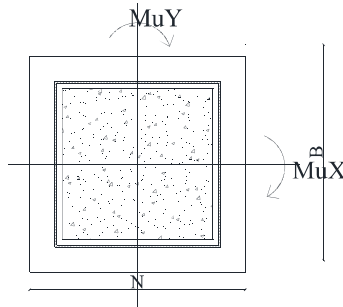
Dimensi beton :

Panjang : 1500 mm

Lebar : 1500 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{150 \times 150}{140 \times 140}} = 1,0714$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4.54 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate

- Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{2253401,14}{140 \cdot 140} = 114,9694 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_{ux}}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 2258867}{140 \cdot 140^2} = 4,939 \text{ kg/cm}^2$$



Tekanan maksimal

$$f_p \max = f_{pa} + f_{pb} = 114,9694 + 4,939 = 119,9087 \text{ kg/cm}^2$$

○ Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,90 \times 0,85 \times 50 = 38,25 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 382,5 > f_{p \max} = 119,9087 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

○ Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{140 - 0,95 \cdot 120}{2} = 13 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 119,9087 - 2 \times 4,939 \times \frac{13}{140} \right) \left( \frac{13^2}{2} \right) + \left( 2 \times 4,939 \times \frac{13}{140} \right) \left( \frac{13^2}{3} \right)$$

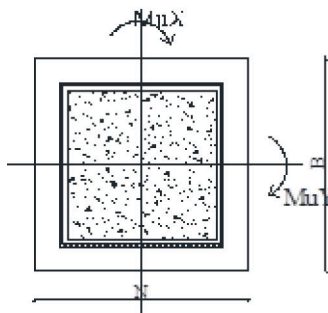
$$M_{upl} = 10106,44 \text{ kg.cm/cm}$$

○ Menentukan tebal *base plate*

$$f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 10106,44}{0,9 \cdot 2900}} = 3,936 \text{ cm} < 4,5 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan akibat beban sumbu Y



Gambar 4.55 Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate

- Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{2253401}{140 \cdot 140} = 114,9694 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_{uy}}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 2867984}{140 \cdot 140^2} = 6,271 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 114,9694 + 6,271 = 121,2405 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,90 \times 0,85 \times 50 = 38,25 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 382,5 > f_{p \max} = 121,2405 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{140 - 0,95 \cdot 120}{2} = 13 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 121,2405 - 2 \times 6,271 \times \frac{13}{140} \right) \left( \frac{13^2}{2} \right) + \left( 2 \times 6,271 \times \frac{13}{140} \right) \left( \frac{13^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 10212,02 \text{ kg.cm/cm}$$

- Menentukan tebal *base plate*

$$f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 10212,02}{0,9 \times 2900}} = 3,845 \text{ cm} < 4,5 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan pelat pengaku

Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 5 = 2,5 \text{ cm}$$

Tebal pelat pengaku ( $t_s$ ) = 2,5 cm

- Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan  $1/6 h > e$ , maka dipasang angkur praktis.

- Perhitungan baut angkur

Dipakai baut angkur M20 mm ( $A_s = 3,14 \text{ cm}^2$ ) mutu F1554 Grade 105 dengan  $f_u = 7240 \text{ kg/cm}^2$ .

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \cdot r1 \cdot F_u \cdot A_b = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 7240 \cdot 3,14 \\ &= 8529,424 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot 4,5 \cdot 5000 \\ &= 81000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \cdot 0,75 \cdot F_u \cdot A_b = 0,75 \cdot 0,75 \cdot 7240 \cdot 3,14 \\ &= 17640,534 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut

$$n = V_u / \phi V_n = 38152,45 / 8529,424 = 4,47 \approx 8 \text{ buah}$$

Dipasang 8 baut angkur M20 mm mutu F1554 Grade 105 untuk menjaga stabilitas struktur.

- Panjang baut angkur (panjang penyaluran struktur Tarik)

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3fy \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f'c}} = \frac{3 \times 250 \times 1 \times 1 \times 1}{5 \cdot \sqrt{50}}$$

$$l_d = 23,717 d_b = 24,607 \times 2 = 49,215 \text{ cm}$$

Maka panjang angkur yang dibutuhkan 50 cm.

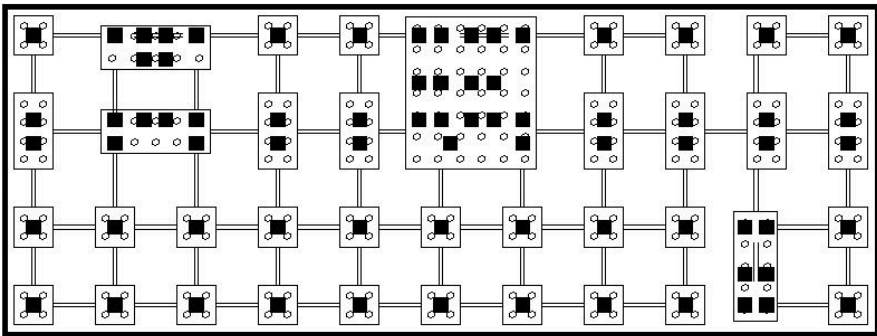
## 4.5 Perencanaan Struktur Bawah

### 4.5.1 Perencanaan *Basement*

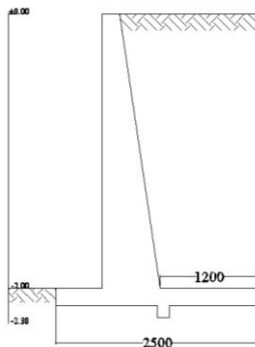
#### 4.5.1.1 Perencanaan dimensi dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah harus direncanakan dengan tepat, sehingga perlu diketahui gaya horizontal yang bekerja antar konstruksi penahan dengan massa tanah yang ditahan. Pada perencanaan ini, direncanakan dengan kondisi muka air tertinggi.

- Data Perencanaan



Gambar 4.56 Denah Dinding Penahan Tanah



Gambar 4.57 Tampak Samping Dinding Penahan Tanah

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,642 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma' = 1 - 1,642 = 0,642 \text{ t/m}^3$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$c' = 0,041 \text{ t/m}^2$$

$$q = 0,8 \text{ t/m}$$

- Tekanan Aktif Tanah

$$\sigma v'(0) = \gamma' x h + q = 0,8$$

$$\sigma v'(-2) = \sigma v'(0) + \gamma' x h = 0,8 + 0,642 \times 2 = 2,084 \text{ t/m}^2$$

$$Ka = \tan^2 \left( 45 - \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left( 45 - \frac{0}{2} \right) = 1$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' x Ka) - (2xc'x\sqrt{Ka})$$

$$\sigma h'(0) = 0,8 - (2 \times 0,041 \times \sqrt{1}) = 0,718 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma h \text{ total } (0) = \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0,718 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma h'(-2) = (\sigma v' x Ka) - (2xc'x\sqrt{Ka})$$

$$\sigma h'(-2) = (2,084 \times 1) - (2 \times 0,041 \times \sqrt{1}) = 2,002 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma h \text{ total } (-2) = \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 2,002 + 2 = 4,002 \text{ t/m}^2$$

- Tekanan Pasif Tanah

$$\sigma v'(-0,3) = \gamma' x h = 0,642 \times 0,3 = 0,193 \text{ t/m}^2$$

$$Kp = \tan^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) = \tan^2 \left( 45 + \frac{30}{2} \right) = 3$$

$$\sigma h'(0) = (\sigma v' x Kp) + (2xc'x\sqrt{Kp})$$

$$\sigma h'(0) = 0 + (2 \times 0,041 \times \sqrt{3}) = 0,142 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma h \text{ total } (0) = \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0,142 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma h'(-0,3) = (\sigma v' x Kp) + (2xc'x\sqrt{Kp})$$

$$\sigma h'(-0,3) = (0,193 \times 3) + (2 \times 0,041 \times \sqrt{3}) = 0,72 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma h \text{ total } (-0,3) = \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 0,72 + 0,3 = 1,020 \text{ t/m}^2$$

Dinding penahan tanah direncanakan dengan dimensi seperti pada gambar 4.57 dan harus mampu menahan geser dan guling.

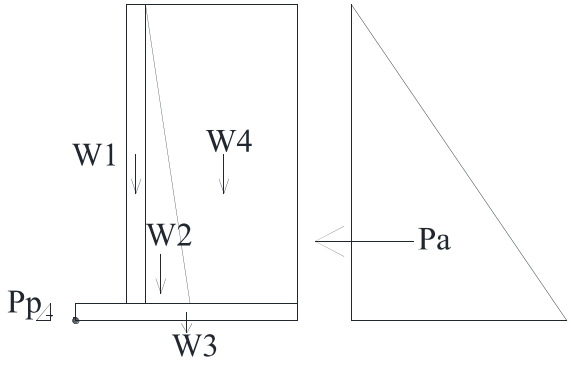
- Kontrol Guling

- Akibat tekanan aktif tanah

$$Pa = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times 4,002 \times 2 = 4,002 \text{ t}$$

$$Mo = \frac{1}{3} \times h \times Pa = \frac{1}{3} \times 2 \times 4,002 = 2,668 \text{ tm}$$

- Akibat berat penahan tanah dan tanah



Gambar 4.58 Sketsa Beban Dinding Penahan Tanah

Tabel 4.27 Perhitungan Momen Dinding Penahan Tanah

Berat (t)	Jarak (m)	Momen (tm)
W1 = (2,4) (0,3) (1,7) = 1,224	0,75	0,918
W2 = (2,4) (0,5) (0,4) (1,7) = 0,816	1,033	0,8432
W3 = (2,4) (0,3) (2,5) = 1,8	1,25	2,25
W4 = (1,642) (1,2+1,6) (0,5) (1,7) = 3,908	1,8	7,15693
<b>Total = 7,748</b>		<b>11,1681</b>

Titik berat dinding ( $X_w$ ) =  $M_w / W = 11,1681 / 7,748 = 1,441 \text{ m}$

$$FS_{guling} = \frac{Mr}{Mo} = \frac{W(L - X_w)}{2,668} = \frac{7,748 (2,5 - 1,441)}{2,668} = 3,074$$

$FS_{guling} = 3,074 \geq 3 \text{ (OK)}$

- Kontrol Geser

- Akibat tekanan aktif tanah

$$Pa = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times 4,002 \times 2 = 4,002 \text{ t}$$

- Akibat berat penahan tanah dan tanah

$$W_{\text{beton}} = 7,748 \text{ t}$$

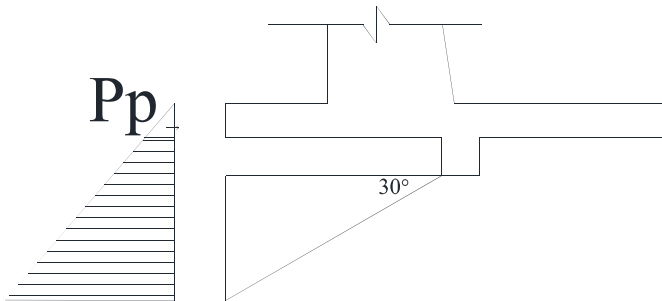
$$Pp = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times (0,142 + 1,020) \times 0,3 = 0,174 \text{ t}$$

$$FS_{\text{geser}} = \frac{(W_{\text{beton}}) \tan 30^\circ}{Pa - Pp} = \frac{7,748 \tan 30^\circ}{4,002 - 0,174} = \frac{4,473}{3,827}$$

$$FS_{\text{geser}} = 1,17 \geq 1,5 \text{ (Belum OK)}$$

Sehingga diperlukan penambahan kekuatan pada struktur dinding penahan. Penambahan kekuatan dapat dilakukan dengan menambah gaya pasif pada tanah dengan memasang *Shearkey*.

Nilai  $Pp$  yang diperlukan adalah  $(1,5 \times 3,827) - 4,473 = 1,2683 \text{ t}$ . Direncanakan dimensi *Shearkey* 0,2x0,2 m pada 1,4 m dari toe.



Gambar 4.59 *Shearkey*

$$h_2 = 0,3 + 0,2 + 1,4 \tan 30 = 0,3 + 0,2 + 0,808 = 1,31 \text{ m}$$

$$\sigma v'(h_2) = \gamma' \times h = 0,642 \times 1,31 = 0,84 \text{ t/m'}$$

$$\sigma h'(h_2) = (\sigma v' \times Kp) + (2xc'x\sqrt{Kp})$$

$$\sigma h'(h_2) = (0,84 \times 1,31) + (2 \times 0,041 \times \sqrt{3}) = 1,24 \text{ t/m'}$$

$$\sigma h \text{ total } (h2) = \sigma h' + \gamma_{\text{air}} \times h = 1,24 + 1,31 = 2,55 \text{ t/m'}$$

$$P_p = \frac{1}{2} \times \sigma h \times h = \frac{1}{2} \times (1,02 + 2,55) \times (0,2 + 0,808) \\ = 1,799 \text{ t}$$

$$FS_{geser} = \frac{(W_{beton}) \tan 30^\circ}{P_a - P_p} = \frac{7,748 \tan 30^\circ}{4,002 - 1,799}$$

$$FS_{geser} = \frac{4,473}{2,203} = 2,03$$

$$FS_{geser} = 2,03 \geq 1,5 \text{ (OK)}$$

#### 4.5.1.2 Penulangan dinding penahan tanah

- Penulangan pada *toe* dan *heel* dinding penahan

$$M_u = 1,6 \times M_o = 1,6 \times 2,668 = 4,2688 \text{ tm} = 4268800 \text{ Nmm}$$

Tebal pelat = 300 mm

Selimut beton = 50 mm

Mutu beton = 40 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Diameter tulangan = 19 mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 4000}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0363$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0363 = 0,0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

$\rho_{min}$  dipakai 0,0038

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,352$$

dx = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan

$$dx = 300 - 50 - (0,5 \times 19) = 240,5 \text{ mm}$$



$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{4268800}{0,9 \cdot 1000 \cdot 240,5^2} = 0,082$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,352} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,352 \cdot 0,082}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0002$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0038$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0,0038 \times 1000 \times 240,5 = 905,39 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times 1000}{AS_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{905,39} = 313,16 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D19-150.

- Penulangan pada *stem* dinding penahan

$$Mu = 1,6 \times Mo = 1,6 \times 2,668 = 4,2688 \text{ tm} = 4268800 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal pelat} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu tulangan} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 12 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 400}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0363$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0363 = 0,0273$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,0038$$

$$\rho_{min} \text{ dipakai } 0,0038$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40}$$

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - 0,5 \text{ diameter tulangan}$$

$$dx = 300 - 50 - (0,5 \times 12) = 244 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{4268800}{0,9 \cdot 1000 \cdot 244^2} = 0,0797$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,352} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,352 \cdot 0,0797}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,00019$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0038$$

$$AS_{perlu} = \rho b d = 0,0038 \times 1000 \times 244 = 918,57 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \pi x \phi^2 x 1000}{AS_{perlu}} = \frac{0,25 \pi x 12^2 x 1000}{940,97} = 123,12 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur Ø12-100 mm.

#### 4.5.1.3 Perencanaan pelat dasar *basement*

Data-data perencanaan pelat beton:

Tebal pelat = 220 mm

Selimut beton = 50 mm

Lx = 855 cm

Ly = 900 cm

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{900}{855} = 1,1 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Mutu beton = 40 Mpa

Mutu tulangan = 420 Mpa

Elevasi Muka Air Tanah = -2.30 m

Berat Jenis Air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Pada pelat dasar *basement* terdapat 2 kondisi maksimum yang terjadi yaitu pada saat musim hujan terjadi dan tidak ada kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu uplift akibat air serta pada saat musim kemarau yang menyebabkan muka air tanah dibawah elevasi *basement* serta terdapat kendaraan yang parkir sehingga gaya yang terjadi yaitu akibat beban parkir kendaraan

- Akibat beban parkir

Peraturan pembebanan pada struktur pelat *basement* akibat parkir ini menggunakan SNI 1727-2013.

- Beban Mati
  - Berat beton (0.20x2400)  $= 480 \text{ kg/m}^2$
  - Berat spesi 1 cm  $= 21 \text{ kg/m}^2 +$
  - Total  $= 501 \text{ kg/m}^2$

- Beban Hidup
  - Lantai  $= 800 \text{ kg/m}^2$
  - Total ( $q_L$ )  $= 800 \text{ kg/m}^2$

- Beban Berfaktor  
 $q_U = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(501) + 1,6(800) = 1881,2 \text{ kg/m}^2$

$dx$ =tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$dx=200-50-(0,5 \times 16)= 142 \text{ mm}$$

$dy$ =tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah -0,5 diameter tulangan atas

$$dy=200-50-16-(0,5 \times 13)= 127.5 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$Mlx = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1881,2 \cdot 8,55^2 \cdot 25$$

$$= 3438,011 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1881,2 \cdot 8,55^2 \cdot 59$$

$$= -8113,705 \text{ kgm}$$

$$Mly = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = 0.001 \cdot 1881,2 \cdot 9^2 \cdot 21$$

$$= 3199,921 \text{ kgm}$$

$$Mty = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X = -0.001 \cdot 1881,2 \cdot 9^2 \cdot 54$$

$$= 8228,369 \text{ kgm}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{81137050}{0,9 \cdot 1000 \cdot 142^2} = 4,47$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{12,352} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 4,47}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0114$$

$\rho_{pakai} = 0.0114$

$AS_{perlu} = \rho b d = 0.0114 \times 1000 \times 142 = 1626,706 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \varnothing^2 \times 1000}{A_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{1626,706} = 12306 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D16-100.

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{82283688}{0,9 \cdot 1000 \cdot 127,5^2} = 5,624$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{12,058} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,058 \times 5,624}{420}} \right) =$$

$\rho = 0.0147$

$\rho_{pakai} = 0.0147$

$AS_{perlu} = \rho b d = 0.0147 \times 1000 \times 127,5 = 1878,196 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \varnothing^2 \times 1000}{A_{perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{1878,196} = 70,67 \text{ mm}$$

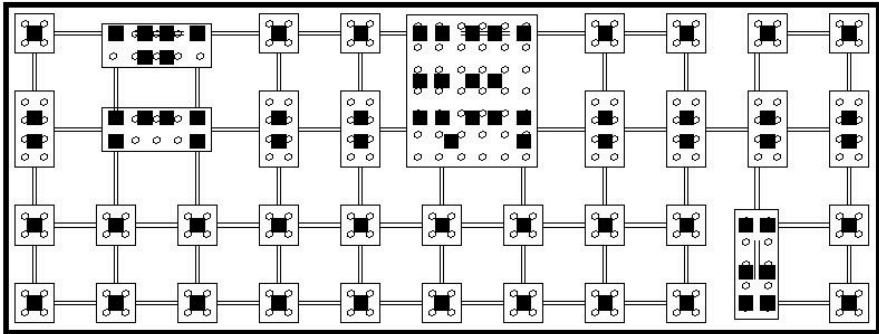
Sehingga digunakan tulangan lentur D13-50. (Spasi tulangan disamakan dengan hasil gaya akibat *uplift* air untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan).

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Penulangan Pelat *Basement* akibat beban parkir

Pelat	Bentang	Penulangan	
		Arah X	Arah Y
Pelat 1	Lx = 855 cm	Ø16-100 mm	Ø13-50 mm
	Ly = 900 cm		
Pelat 2	Lx = 900 cm	Ø16-100 mm	Ø13-50 mm
	Ly = 925 cm		
Pelat 3	Lx = 900 cm	Ø 12-100 mm	Ø12-150 mm
	Ly = 924 cm		

#### 4.5.2 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan di atasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.



Gambar 4.60 Denah Pondasi

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75(0,7E) + 0,75L
- 0,6D + 0,7E

##### 4.5.2.1 Data perencanaan pondasi

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi *Bored Pile*, hal itu dikarenakan data tanah pada lokasi gedung memiliki nilai NSPT > 50, sehingga tidak dimungkinkannya penggunaan tiang pancang biasa (*Driven Pile*) sebagai konstruksi bangunan bawah. Direncanakan *bored pile*

yang akan digunakan adalah diameter tiang 80 cm yang akan di cor hingga kedalaman 30 m.

#### 4.5.2.2 Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_L = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang dalam kelompok

Data tanah yang diambil adalah data tanah dari lokasi gedung Apartemen AEON *Mixed-Use*. Perhitungan daya dukung tanah pada pondasi ( $Q_L$ ) ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT (*Standard Penetration Test*) dengan menggunakan metode Luciano Decourt.

$Q_L$  = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_p$  = *Resistance ultimate* didasar pondasi

$Q_s$  = *Resistance ultimate* akibat lekatan lateral

$Q_p$  =  $q_p \cdot A_p = N_p \cdot K \cdot A_p$

Dimana :

$N_p$  = harga rata-rata SPT disekitar 4B diatas hingga 4B dibawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi)

K = koefisien karakteristik tanah didasar pondasi  
= 12 t/m<sup>2</sup> (lempung)

$$= 20 \text{ t/m}^2 \text{ (lempung berlanau)}$$

$$= 25 \text{ t/m}^2 \text{ (pasir berlanau)}$$

$$= 40 \text{ t/m}^2 \text{ (pasir)}$$

$$A_p = \text{luas penampang tiang}$$

$$q_p = \text{tegangan diujung tiang}$$

$$Q_s = q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s$$

Dimana :

$$q_s = \text{tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m}^2$$

$$N_s = \text{harga rata-rata sepanjang tiang yang terbenam, dengan batasan } 3 \leq N \leq 50$$

$$A_s = \text{keliling x panjang tiang yang terbenam}$$

Pada perhitungan pondasi diambil pada kedalaman 15 m

$$K = 40 \text{ t/m}^2 \text{ (pasir)}$$

$$q_p = N_p \times K$$

$$= \frac{50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50 + 50}{9} \times 40$$

$$= 2000 \text{ t/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0.8 = 0.5 \text{ m}^2$$

$$Q_p = q_p \times A_p = 2000 \times 0.5 = 1005.31 \text{ ton}$$

$$N_s = \frac{\sum N_i}{i} = \frac{1209.17}{30} = 40.31 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \times D \times h_i = \pi \times 0.8 \times 30 = 75.40 \text{ m}^2$$

$$Q_s = \beta \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s = 0.85 \left( \frac{40.31}{3} + 1 \right) \times 75.40 = 925.1 \text{ ton}$$

$$Q_L = Q_p + Q_s = 1005.31 + 925.1 = 1930.4 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_{izin} = \frac{Q_L}{SF} = \frac{1930.4}{3} = 643.48 \text{ ton}$$

Untuk daya dukung tiang pancang tunggal dikedalaman lain bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.29 Q izin tanah pada setiap kedalaman

No	Depth (m)	N SPT	Np	K (t/m2)	qp (t/m2)	Op (T)	Ns	As (m2)	Qs	QL	Q ijin	KET
0	0.0	0	3	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	Tak pakai
1	1.0	1,5	5	20	101.11	50.82	1.50	2.51	3.2	54.0	18.01	Tak pakai
2	2.0	3	7	20	147.78	74.28	2.25	5.03	7.5	81.8	27.25	Tak pakai
3	3.0	7.33	10	20	207.04	104.07	3.94	7.54	14.8	118.9	39.63	Tak pakai
4	4.0	16	15	20	291.49	146.52	6.96	10.05	28.4	174.9	58.29	Tak pakai
5	5.0	17.67	19	20	379.64	190.83	9.10	12.57	43.1	233.9	77.97	Tak pakai
6	6.0	21	24	20	471.87	237.19	11.08	15.08	60.2	297.4	99.12	Tak pakai
7	7.0	26.67	28	40	1131.87	568.94	13.31	17.59	81.3	650.2	216.75	Tak pakai
8	8.0	38	33	40	1321.51	664.26	16.40	20.11	110.5	774.8	258.25	Tak pakai
9	9.0	39.67	37	40	1472.62	740.22	18.98	22.62	140.9	881.1	293.70	Tak pakai
10	10.0	43	40	40	1616.31	812.45	21.38	25.13	173.6	986.1	328.69	Tak pakai
11	11.0	45.33	44	40	1745.20	877.23	23.56	27.65	208.1	1085.3	361.76	Tak pakai
12	12.0	50	46	40	1848.89	929.35	25.76	30.16	245.8	1175.1	391.72	Tak pakai
13	13.0	50	48	40	1902.22	956.16	27.63	32.67	283.5	1239.7	413.23	Tak pakai
14	14.0	50	49	40	1948.13	979.24	29.23	35.19	321.3	1300.5	433.50	Tak pakai
15	15.0	50	49	40	1979.24	994.88	30.61	37.70	359.0	1353.9	451.30	Tak pakai
16	16.0	50	50	40	2000.00	1005.31	31.82	40.21	396.8	1402.1	467.36	Tak pakai
17	17.0	50	50	40	2000.00	1005.31	32.89	42.73	434.5	1439.8	479.94	Tak pakai
18	18.0	50	50	40	2000.00	1005.31	33.84	45.24	472.2	1477.5	492.52	Tak pakai
19	19.0	50	50	40	2000.00	1005.31	34.69	47.75	510.0	1515.3	505.10	Tak pakai
20	20.0	50	50	40	2000.00	1005.31	35.46	50.27	547.7	1553.0	517.68	Tak pakai
21	21.0	50	50	40	2000.00	1005.31	36.15	52.78	585.5	1590.8	530.26	Tak pakai
22	22.0	50	50	40	2000.00	1005.31	36.78	55.29	623.2	1628.5	542.84	Tak pakai
23	23.0	50	50	40	2000.00	1005.31	37.36	57.81	660.9	1666.3	555.42	Tak pakai
24	24.0	50	50	40	2000.00	1005.31	37.88	60.32	698.7	1704.0	568.00	Tak pakai
25	25.0	50	50	40	2000.00	1005.31	38.37	62.83	736.4	1741.7	580.58	Tak pakai
26	26.0	50	50	40	2000.00	1005.31	38.81	65.35	774.2	1779.5	593.16	Tak pakai
27	27.0	50	50	40	2000.00	1005.31	39.23	67.86	811.9	1817.2	605.74	Tak pakai
28	28.0	50	50	40	2000.00	1005.31	39.61	70.37	849.6	1855.0	618.32	Tak pakai
29	29.0	50	50	40	2000.00	1005.31	39.97	72.88	887.4	1892.7	630.90	Tak pakai
30	30.0	50	50	40	2000.00	1005.31	40.31	75.40	925.1	1930.4	643.48	Pakai
31	31.0	50	50	40	2000.00	1005.31	40.62	77.91	962.9	1968.2	656.06	Tak pakai
32	32.0	50	50	40	2000.00	1005.31	40.91	80.42	1000.6	2005.9	668.64	Tak pakai
33	33.0	50	50	40	2000.00	1005.31	41.19	82.94	1038.4	2043.7	681.22	Tak pakai
34	34.0	50	50	40	2000.00	1005.31	41.45	85.45	1076.1	2081.4	693.80	Tak pakai
35	35.0	50	50	40	2000.00	1005.31	41.69	87.96	1113.8	2119.1	706.38	Tak pakai
36	36.0	50	50	40	2000.00	1005.31	41.92	90.48	1151.6	2156.9	718.96	Tak pakai
37	37.0	50	50	40	2000.00	1005.31	42.14	92.99	1189.3	2194.6	731.54	Tak pakai
38	38.0	50	50	40	2000.00	1005.31	42.35	95.50	1227.1	2232.4	744.12	Tak pakai
39	39.0	50	50	40	2000.00	1005.31	42.54	98.02	1264.8	2270.1	756.70	Tak pakai
40	40.0	50	50	40	2000.00	1005.31	42.73	100.53	1302.5	2307.9	769.28	Tak pakai

4.5.2.3 Kontrol kekuatan tiang bor

- Kontrol terhadap Momen (Wahyudi, 2013)  
 $M_{cr} = (F_{ctu} + F_{pe}) W_i$



Dimana:

$M_{cr}$  = Cracking moment capacity (kgf.cm)

$F_{ctu}$  = Permissible tensile strength of concrete (kgf/cm<sup>2</sup>)

$F_{pe}$  = Effective prestress in concrete (kgf/cm<sup>2</sup>)

$W_i$  = Section modulus (cm<sup>3</sup>)

Diketahui:

$F_{pe}$  = 30 MPa = 300 kg/cm<sup>2</sup>

$F_{ctu}$  = 10% x  $F_{pe}$  = 3 MPa = 30 kg/cm<sup>2</sup>

$W$  =  $I/Y$

$I$  =  $1/64 \pi d^4 = 1/64 \times \pi \times 80^4 = 2010619 \text{ cm}^4$

$Y$  =  $d/2 = 80/2 = 40 \text{ cm}$

$W$  =  $2010619 \text{ cm}^4 / 40 \text{ cm} = 50265,48 \text{ cm}^3$

$M_{cr} = (30 \text{ kg/cm}^2 + 300 \text{ kg/cm}^2) \times 50265,48 \text{ cm}^3 = 16587609 \text{ kg.cm} = 165.8761 \text{ t.m}$

- Maksimum bending momen untuk free headed condition (Sanglerat G, 1983):

$M_{max} = H (e + 1.5 d + 0.5 f)$  dengan  $f = H/(9 C_u d)$

Dimana:

$H_u$  = Ultimate lateral resistance

$H$  = Lateral load

$L$  = Kedalaman tiang bor dari permukaan tanah

$d$  = Diameter tiang bor

$e$  = Jarak antara lateral load ( $H$ ) yang bekerja dengan muka tanah.

$C_u$  = Undrained cohesion

$F$  = Posisi  $M_{max}$  dari muka tanah

Diketahui:

$H$  = 20872.58 kg

$d$  = 80 cm

$C_u$  = 3.14 kg/cm<sup>2</sup>

$$f = 20872.58 \text{ kg} / (0.9 \times 3.14 \text{ kg/cm}^2 \times 80 \text{ cm}) = 92.324 \text{ cm}$$

$$M_{\max} = 20872.58 \text{ kg} (0 + 1.5 \times 80 + 0.5 \times 92.324) = 3468228.257 \text{ kgcm} = 34.682 \text{ t.m}$$

$$M_{\max} \leq M_{\text{cr}}$$

$$34.682 \text{ t.m} \leq 165.8761 \text{ t.m (Ok)}$$

- Kontrol terhadap gaya lateral (NAFAC DM-7 1971)
- Kontrol defleksi  
 Syarat:  $\Delta \leq 2,54 \text{ cm}$   
 $H = 20872.58 \text{ kg}$   
 $P = H/n = 20872.58 \text{ kg} / 4 = 5218.145 \text{ kg}$   
 $I = 1/64 \pi d^4 = 1/64 \times \pi \times 80^4 = 2010619 \text{ cm}^4$

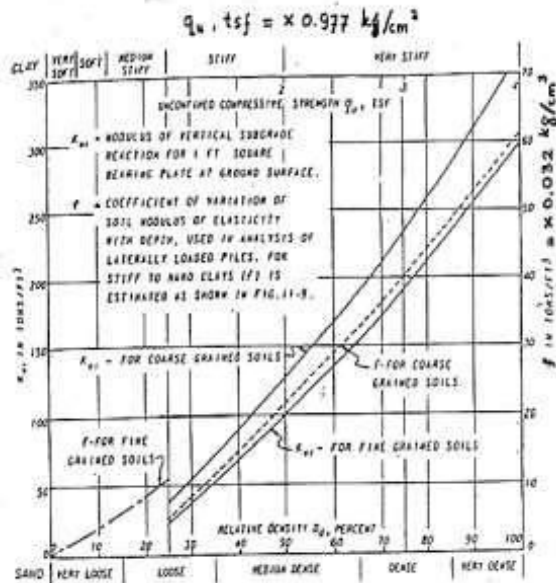
Berdasarkan data tanah diketahui  $C_u$  pada kedalaman 30 m adalah  $3.14 \text{ kg/cm}^2$

$$Q_u = 2 \times C_u = 2 \times 3.14 \text{ kg/cm}^2 = 6.28 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_u = 6.28 \text{ kg/cm}^2 \times 0.977 = 6.136 \text{ tsf}$$

Berdasarkan tabel korelasi Bowles, untuk nilai NSPT > 50 didapatkan nilai  $D_r = 80 - 100 \%$

Digunakan  $D_r = 85\%$  (Asumsi)



Gambar 4.61 Koefisien variasi (f) untuk tiang pancang yang menerima beban lateralefisien variasi (f) untuk tiang pancang yang menerima beban lateral

Berdasarkan grafik koefisien variasi (f) untuk tiang yang menerima beban lateral dengan nilai  $D_r = 85\%$  dan klasifikasi tanah fine grained soil didapat nilai  $f = 47 \text{ t/ft}^3$ .

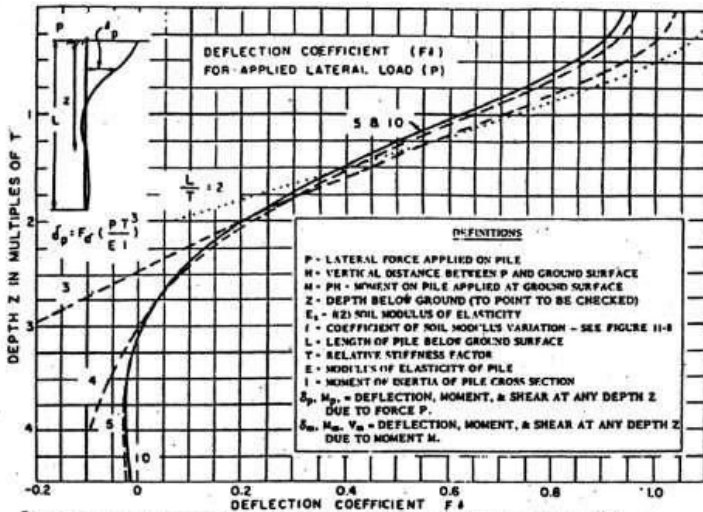
$$f = 47 \text{ t/ft}^3 = 1.504 \text{ kg/cm}^3 = 1504 \text{ t/m}^3$$

$$E_c = 4700\sqrt{f}c = 4700\sqrt{30} = 25742.96 \text{ MPa} \\ = 2574.296 \text{ kg/mm}^2 = 2574296 \text{ t/m}^2$$

$$I = 1/64 \pi d^4 = 1/64 \times \pi \times 80^4 = 2010619 \text{ cm}^4$$

$$T = (EI/f)^{1/5} \\ = (2574296 \text{ t/m}^2 \times 0.020106 \text{ m}^4) / 1504 \text{ t/m}^3 \\ = 2.03 \text{ m}$$

Mencari nilai koefisien defleksi (fd)



Gambar 4.62 Grafik koefisien defleksi (fd) untuk tiang yang menerima beban lateral

$$L/T = 30 \text{ m} / 2.03 \text{ m} = 14.7833$$

Berdasarkan grafik didapatkan nilai  $f_d = 0.95$

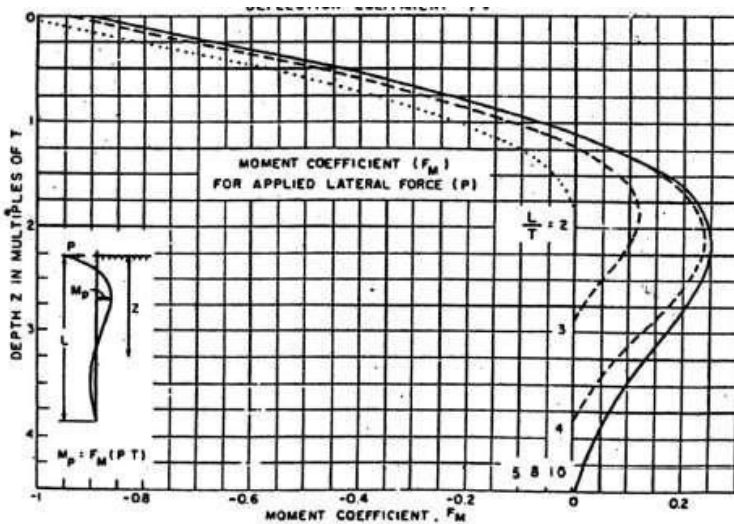
$$\begin{aligned} \Delta_d &= (F_d \times P \times T^3) / EI \\ &= (0.95 \times 20.872 \times 2.03^3) / 2574296 \times 0.020106 \\ &= 0.0032 \text{ m} = 0.32 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\Delta_d \leq 2.54 \text{ cm}$$

$$0.32 \text{ cm} \leq 2.54 \text{ cm} \text{ (Ok)}$$

- Kontrol defleksi

Mencari nilai koefisien momen (fm):



Gambar 4.63 Grafik koefisien momen ( $f_m$ ) untuk tiang yang menerima beban lateral

$$L/T = 30 \text{ m} / 2.03 \text{ m} = 14.7833$$

Berdasarkan grafik didapatkan nilai  $f_m = -0.9$

$$M_p = f_m \cdot (P \times T)$$

$$\begin{aligned} M_p &= -0.9 \times (20872.58 \text{ kg} \times 2.03 \text{ m}) \\ &= 38121.216 \text{ kg.m} = 38.121 \text{ t.m} \end{aligned}$$

(Nilai negatif hanya menunjukkan arah momen)

$$M_p \leq M_{cr}$$

$$38.121 \text{ t.m} \leq 168.876 \text{ t.m (Ok)}$$

Penulangan utama tiang bor

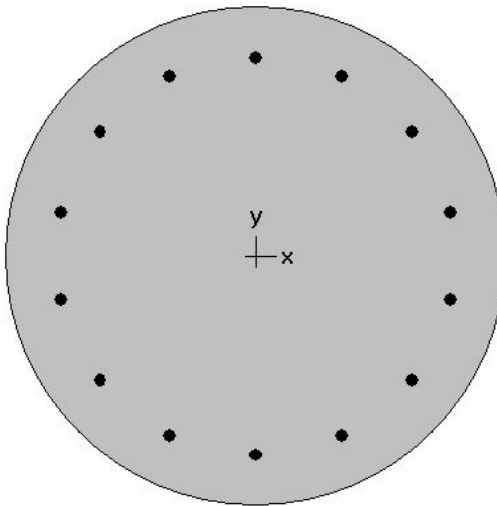
Tulangan utama 14D22,  $A_s = 6212.16 \text{ mm}^2$

Tulangan transversal  $\emptyset 10 \text{ mm}$

Selimut beton ( $c$ ) = 70 mm

$D' = 800 - 70 - 14 - (0.5 \times 22) = 719 \text{ mm}$

Dengan menggunakan software spColumn, didapatkan rasio tulangan utama ( $\rho$ ) = 1.08 %



800 mm diam.  
1.08% reinf.

Gambar 4.64 Hasil analisa *bored pile* dengan menggunakan spColumn

Jumlah tulangan butuh,

$$A_s = \rho \times b \times d'$$

$$= 0.0108 \times 800 \times 719$$

$$= 6212.16 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan utama 14D22

- Penulangan geser tiang bor  
Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton:

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \times \left( 1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right)$$

$$V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} \times 800 \times 719 \times \left( 1 + \frac{13276518,8 \text{ N}}{7000000 \text{ mm}^2} \right)$$

$$V_c = 990638,076 \text{ N} = 99063,8 \text{ kg}$$

Kontrol Geser:

$$V_u < \phi V_c$$

$$20872,58 \text{ kg} < 0,5 \times 0,75 \times 99063,8 \text{ kg}$$

$$20872,58 \text{ kg} < 37148,93 \text{ kg (Ok)}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø10 – 150.

#### 4.5.2.4 Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1,4 meter. Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah kemudian untuk perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (Ce) menurut Converse-Labarre.

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{21.80}{90} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0.76$$

Dimana :

$\emptyset$  = diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times C_e = 643.48 \times 0.76 = 487.605 \text{ ton}$$

#### 4.5.2.5 Kontrol beban maksimum 1 tiang pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} (1 \text{ tiang})$$

Perhitungan jarak tiang

$2D \leq S \leq 3D$  dengan S = jarak antar tiang

$160 \leq S \leq 240$  dipakai S = 200 cm

$1D \leq S \leq 2D$  dengan S = jarak tepi

$80 \leq S \leq 160$  dipakai S = 120 cm

$P_u$  = 1327652 kg

$M_x$  = 8048.47 kgm

$M_y$  = 4262.33 kgm

$H_x$  = 10923.5 kg

$H_y$  = 20872.6 kg

N = 4 tiang

$X_{max}$  = 1 m

$Y_{max}$  = 1 m



Tambahan momen arah x ( $M_x$ ) dan arah y ( $M_y$ ) akibat H x t:

$$M_x \text{ tambahan} = H_y \times t = 20872.6 \text{ kg} \times 1.4 \text{ m} = 29221.6 \text{ kgm}$$

$$M_y \text{ tambahan} = H_x \times t = 10923.5 \text{ kg} \times 1.4 \text{ m} = 15292.8 \text{ kgm}$$

Tambahan aksial akibat berat pilecap:

$$W \text{ pilecap} = 4.4 \times 4.4 \times 1.4 \times 2400 = 65049.6 \text{ kg}$$

Didapat gaya-gaya yang bekerja pada 1 tiang adalah:

$$M_x = 37.2701 \text{ t.m}$$

$$M_y = 19.5552 \text{ t.m}$$

$$V = 1392.7 \text{ t}$$

Diameter *bored pile*  $\varnothing$  80 cm dengan mutu bahan sebagai berikut:

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

Sehingga:

$$\Sigma x^2 = 4 \times 1^2 = 4 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 4 \times 1^2 = 4 \text{ m}^2$$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{max} = \frac{1392.7 \text{ t}}{4} \pm \frac{19.5552 \text{ t.m} \times 1 \text{ m}}{4 \text{ m}^2} \pm \frac{37.2701 \text{ t.m} \times 1 \text{ m}}{4 \text{ m}^2}$$

$$P_{max} = 352.604 \text{ ton} \leq 487.605 \text{ ton (1 tiang)}$$

#### 4.5.3 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer.

$$P_u = 1327.65 \text{ ton}$$

$$P_{ijin \text{ group}} = 487.605 \text{ ton}$$

Jumlah tiang pancang = 4 buah

Dimensi poer = 4,4 x 4,4 x 1,4 m

Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 MPa

Diameter tulangan = 25 mm

Selimut beton = 70 mm

$\lambda = 1$  (beton normal)

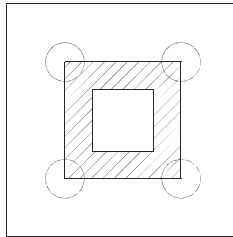
Tinggi efektif ( $d$ ):

$$d_x = 1400 - 70 - \frac{1}{2} 25 = 1317.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1400 - 70 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1292.5 \text{ mm}$$

#### 4.5.3.1 Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom Pedestal



Gambar 4.65 Area Kritis Geser Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$  untuk kolom sudut,  $\alpha_s = 30$  untuk kolom tepi,  $\alpha_s = 40$  untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek =  $1500/1500 = 1$

$b_o$  = Keliling penampang kritis

dengan nilai  $b_o$  sebagai berikut:

$$b_o = 2 (b_{\text{kolom}} + dx) + 2(h_{\text{kolom}} + dy)$$

$$b_o = 2 (1500 + 1317.5) + 2 (1500 + 1292.5) = 11270 \text{ mm}$$

sehingga didapatkan nilai  $V_c$  sebagai berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{30} \times 11270 \times 1317.5 = 41476809.63 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{20 \times 1317.5}{11270} + 2 \right) 1\sqrt{30} \times 11270 \times 1317.5$$

$$V_{c2} = 29282582.86 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 11270 \times 1317.5 = 26837935.65 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, sehingga  
 $V_c = 26837935.65 \text{ N} = 2683793.565 \text{ kg}$  maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 2683793.565 \text{ kg} = 2012846.173 \text{ kg}$$

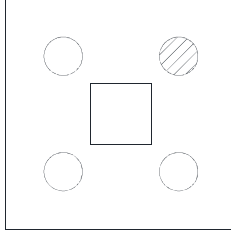
$$\begin{aligned} V_u &= (P_u + W_{\text{beton}}) - (n \times P_{\text{ijin group}}) \\ &= (1327.65 \text{ ton} + 2400 \times 1.4 \times 2.817.5) - (4 \times 487.605 \text{ ton}) \\ &= 866719.507 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$2012846.173 \text{ kg} \geq 866719.507 \text{ kg}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Tiang Pancang



Gambar 4.66 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek =  $1500/1500 = 1$

$b_o = (0,25 \times \pi \times (800 + 1317,5)) = 1663,081 \text{ mm}$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{30} \times 1663,081 \times 1317,5 = 6120610 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{20 \times 1317,5}{1663,081} + 2 \right) 1\sqrt{30} \times 1663,081 \times 1317,5$$

$$V_{c2} = 29282582,86 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \times 1 \times 1\sqrt{30} \times 1663,081 \times 1317,5 = 26837935,65 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah

$$\phi V_c \geq P_{ijin \text{ group}}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 3960394,86 \text{ N} = 2970296,168 \text{ N} = 297029,617 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 297,03 \text{ ton} \geq P_{ijin \text{ group}} = 487,605 \text{ ton (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

#### 4.5.4 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$d_x = 1400 - 70 - \frac{1}{2} 25 = 1317.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1400 - 70 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 1292.5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0.835$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.835 \times 30}{420} \left( \frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0298$$

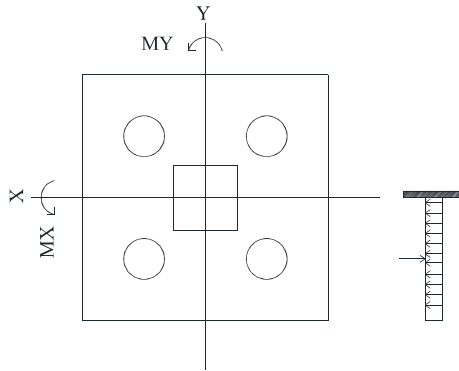
$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0298 = 0.02239$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0034 \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{420} = 0.0033$$

$\rho_{min}$  dipakai 0.0034

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 30} = 16.47$$

#### 4.5.4.1 Penulangan poer arah sumbu X



Gambar 4.67 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 487.605 \text{ t} \\
 q &= 4.4 \times 1.4 \times 2.4 = 14.784 \text{ ton/m} \\
 qu &= 14.784 \text{ ton/m} \times 1.2 = 17.741 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 Mu &= 2.P_{\max}.a - \frac{1}{2} qux. L^2 \\
 &= (2 \times 487.605 \times 0.25) - (\frac{1}{2} \times 17.741 \times (0.25+1.2)^2) \\
 &= 225.153 \text{ t.m} \\
 &= 2251525248.41 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{2251525248.41}{0.9 \times 4400 \times 1317.5^2} = 0.328$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{17.741} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17.741 \times 0.328}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0.0007$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0034$$

Tulangan butuh sisi bawah *pile cap*:

$$AS_{\text{perlu}} = \rho b d = 0.0034 \times 4400 \times 1317.5 = 19323.33 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS_{\text{Tulangan}}} = \frac{20488.753}{0.25 \times \pi \times 25^2} = 41.74$$

Dipakai 42D25

Jarak tulangan:

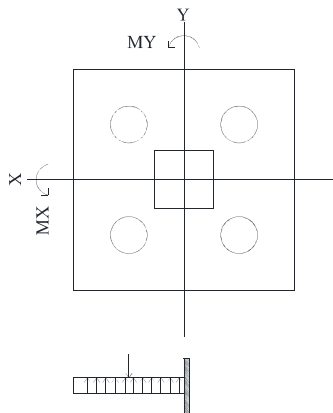
$$S = d - (2 \times c) - D / (n - 1) = 4400 - (2 \times 70) - 25 / (42 - 1)$$

$$S = 103.29 \text{ mm}$$

Dipakai jarak 100 mm

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

#### 4.5.4.2 Penulangan poer arah sumbu Y



Gambar 4.68 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$P_{\max} = 487.605 \text{ t}$$

$$q = 4.4 \times 1.4 \times 2.4 = 14.784 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 14.784 \text{ ton/m} \times 1.2 = 17.741 \text{ ton/m}$$

Momen yang bekerja :

$$M_u = 2 \cdot P_{\max} \cdot a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2$$

$$= (2 \times 487.605 \times 0.25) - (\frac{1}{2} \times 17.741 \times (0.25 + 1.2)^2)$$

$$= 225.153 \text{ t.m}$$

$$= 2251525248.41 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{2251525248,41}{0,9 \cdot 4400 \cdot 1292,5^2} = 0,34$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) = \frac{1}{17,741} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 17,741 \cdot 0,34}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0008$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0034$$

Tulangan butuh sisi bawah *pile cap*:

$$A_{sperlu} = \rho b d = 0,0034 \times 4400 \times 1292,5 = 18956,667 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{sperlu}}{A_s \text{ Tulangan}} = \frac{18956,667}{0,25 \pi \times 25^2} = 39 \text{ buah}$$

Dipakai 39D25

Jarak tulangan:

$$S = d - (2 \times c) - D / (n - 1) = 4400 - (2 \times 70) - 25 / (39 - 1)$$

$$S = 111,447 \text{ mm}$$

Dipakai jarak 100 mm

Sehingga digunakan tulangan lentur D25-100 mm.

#### 4.5.5 Perencanaan Kolom Pedestal

Struktur pedestal dalam tugas akhir ini berfungsi untuk menghubungkan kolom baja dengan struktur dibawahnya (Base Isolator, Pondasi) menggunakan sambungan base plate. Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan hasil reaksi beban aksial dan momen dari semua kombinasi yang bekerja pada kolom yang terjadi sebesar:

$$P_u = 2253401,14 \text{ kg} = 22098,32 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 22588,67 \text{ kg.m} = 221,5192 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 28679,84 \text{ kg.m} = 281,2532 \text{ kNm}$$

$$V_u = 38152,45 \text{ kg} = 374,15 \text{ kN}$$



#### 4.5.5.1 Kontrol dimensi kolom

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diperoleh beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom:

Dimensi Kolom = 1500/1500 cm

Tebal decking ( $d'$ ) = 40 mm

Mutu tulangan ( $f_y$ ) = 420 Mpa

Mutu beton ( $f'_c$ ) = 50 Mpa

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$1500 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi besar dari 0.4

$$\text{Rasio } b/h = 1500/1500 = 1 > 0.4$$

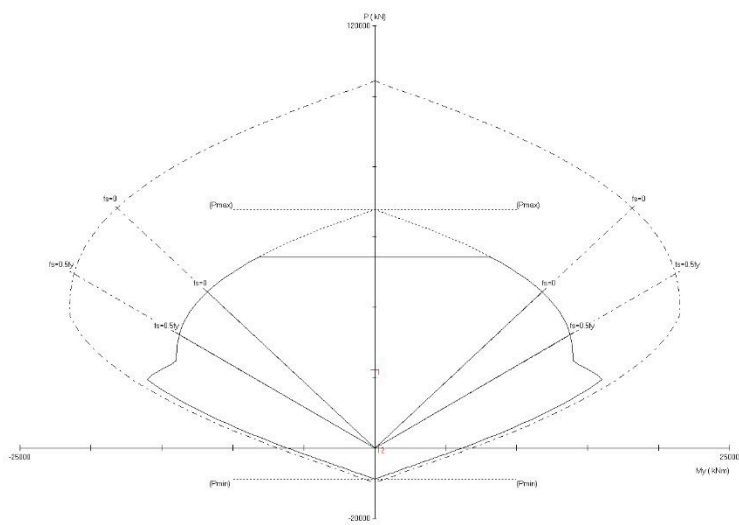
Dari hasil program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 22098,32 kN

$$22098,32 \text{ kN} \geq 1500 \times 1500 \times \frac{50}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$22098,32 \text{ kN} \geq 11250 \text{ kN (OK)}$$

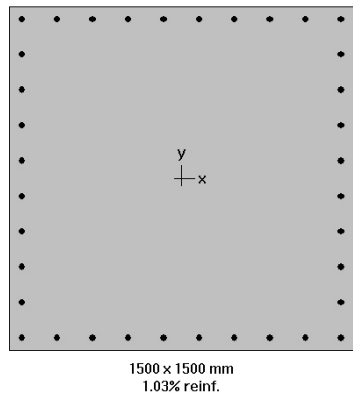
#### 4.5.5.2 Penulangan longitudinal kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.69 Diagram Interaksi Kolom 150/150 cm

Dari hasil spColumn Design diatas, didapatkan tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah **36D29**.



Gambar 4.70 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom

$$\phi M_n = 6168,96 \text{ kNm} > M_u = 281,2532 \text{ kNm (OK)}$$

#### 4.5.5.3 Kontrol rasio tulangan longitudinal pada kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0.01 A_g$  atau lebih dari  $0.06 A_g$ .

$$A_{st} = 23778,71 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 2250000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh Tulangan longitudinal: 36D29, dengan rasio tulangan = 0,44 %.

$$0.01 A_g < A_s < 0.06 A_g$$

$$22500 \text{ mm}^2 < 23220 \text{ mm}^2 < 135000 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 4.5.5.4 Kontrol kapasitas beban aksial kolom terhadap beban aksial terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2: kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P_u = 22098,32 \text{ KN}$$

$$\phi = 0.65$$

$$A_g = 1500 \times 1500 = 2250000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 36 \times \frac{1}{4} \pi 29^2 = 23778,71 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\phi P_n = 0,8 \times 0,65 (0,85 \times 50 (2250000 - 23778,71) + 420 (23778,71))$$

$$\phi P_n = 54392762 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 54392,76 \text{ kN} > P_u = 22098,32 \text{ kN (OK)}$$

#### 4.5.5.5 Penulangan geser pedestal

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d' \times (1 + \frac{N_u}{14 A_g})$$

$$\begin{aligned}
 d' &= 150 - 40 - 16 - (29 / 2) = 1429.5 \\
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d' \times \left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{50} \times 1500 \times 1429.5 \times \left(1 + \frac{22098314}{142250000}\right) \\
 &= 4299815 \text{ N} \\
 &= 429981,5 \text{ kg} \\
 \emptyset V_c &= 0,75 \times 429981,5 \\
 &= 322486,1 \text{ kg} \geq V_u = 38152,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser, namun dipasang tulangan geser praktis Ø16 dengan jarak yang paling minimum dari berikut,

- $6 \times d_b = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$ ; sehingga menjadi D16-150

#### 4.5.6 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

Dimensi sloof =  $450 \times 650 \text{ mm}$

Mutu beton ( $f_c$ ) = 30 MPa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 Mpa

Tulangan utama = D22

Tulangan sengkang = Ø10

Selimut beton = 40 mm

Bentang = 9,25 m

Gaya aksial kolom = 8200,591 kN

$P_U \text{ sloof} = 10\% \times 8200,591 = 820,0591 \text{ kN} = 820059,1 \text{ N}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus

diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{9250}{20} = 462,5 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof maksimal adalah 450 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

#### 4.5.6.1 Penulangan lentur sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

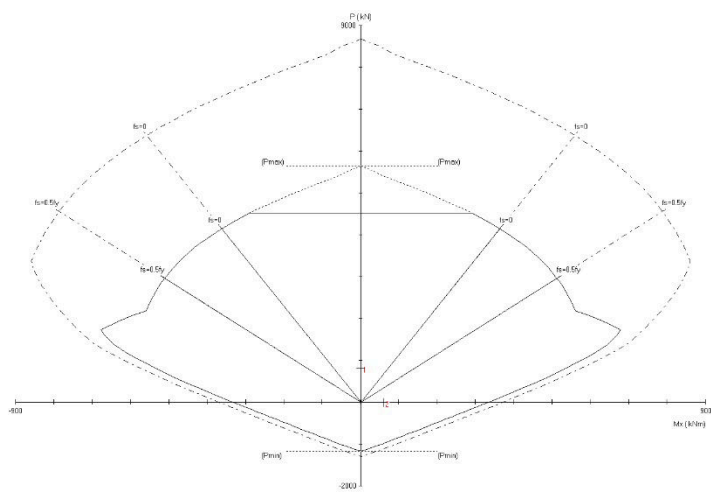
Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_d = 0,45 \times 0,65 \times 2400 = 702 \text{ kg/m}$$

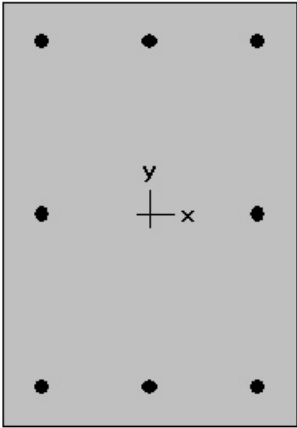
$$q_u = 1,2 \times 702 = 842,4 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 842,4 \times 9,25^2 \\ &= 6006,488 \text{ kgm} = 59,90352 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ Sloof} = 820,0591 \text{ kN}$$



Gambar 4.71 Diagram Interaksi Sloof



**450 × 650 mm**  
**1.06% reinf.**

Gambar 4.72 Hasil Penulangan Aplikasi SpColumn

Dari analisis spColumn didapat :

$$\rho = 0,0106$$

Dipasang tulangan = 8 D22 ( $A_s = 3096 \text{ mm}^2$ )

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{selimut beton (c = 40 mm)} = 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang } (\varnothing = 10 \text{ mm}) = 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$3 \times \text{D22} = 3 \times 22 = 66 \text{ mm}$$

$$2 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} = \underline{2 \times 25 = 50 \text{ mm}}$$

$$\text{Total} = 216 \text{ mm}$$

Total lebar < Lebar balok 450 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

#### 4.5.6.2 Penulangan geser sloof

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 450 \times 650 = 292500 \text{ mm}^2$$

$$d = 650 - 40 - 10 - 22/2 = 589 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{820059,1}{14 \cdot 292500} \right) 1 \sqrt{30} \times 450 \times 589$$

$$V_c = 342043,7 \text{ N}$$

$$\varnothing V_c = 0,75 \times 342043,7 = 256532,8 \text{ N} = 26159,06 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 842,2 \cdot 9,25 = 3896,1 \text{ kg}$$

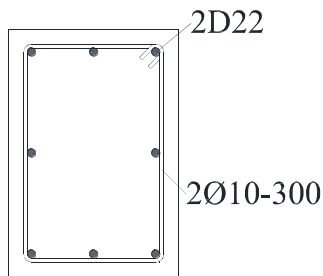
$$\phi V_c > V_u$$

$$26159,06104 \text{ kg} > 3896,1 \text{ kg} \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $\frac{d}{2} = \frac{589}{2} = 294,5 \text{ mm}$
- $s = 300 \text{ mm}$

Dipasang sengkang 2Ø10 – 300 mm.



Gambar 4.73 Penulangan Sloof



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan struktur dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan struktur sekunder
  - a. Pelat menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK, menggunakan tebal pelat terbesar 150 mm pada atap serta tebal pelat terbesar 150 mm pada *ground floor* – *30<sup>th</sup> floor* dan pada *basement* sebesar 220 mm.
  - b. Dimensi balok anak atap menggunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14 dan balok anak lantai menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dan WF 350 x 250 x 9 x 14.
  - c. Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 350 x 250 x 9 x 14 dan WF 300 x 150 x 5.5 x 8.
  - d. Pelat anak tangga dan bordes menggunakan pelat baja. Balok bordes menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7, balok utama tangga dan balok penumpu menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8.
2. Analisis ETABS untuk dua jenis permodelan (*Fixed Based*, dan *Isolation Structure*) telah memenuhi kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol nilai akhir respon spectrum, kontrol simpangan (drift) dan syarat struktur isolasi pada elemen struktur di atas sistem isolasi dengan menggunakan dua tipe base isolator, pada bagian eksterior digunakan HDRB HH 110 x 6 R dan pada bagian interior digunakan HDRB HH 120 x 6 R *rubber thickness* 200 mm. Pada hasil kontrol simpangan (drift) di permodelan *fixed based* story drift yang terjadi pada struktur komposit masih dalam batas aman terhadap gaya-gaya yang terjadi sehingga tanpa adanya penggunaan base isolator struktur aman dan kuat.

3. Hasil perhitungan struktur primer:
  - a. Balok Induk menggunakan profil WF 700 x 300 x 13 x 24 dan WF 500 x 200 x 9 x 14.
  - b. Kolom menggunakan tipe Concrete Filled Tube dengan dimensi CFT 400 x 400 x 25 pada 27<sup>th</sup> floor – roof floor; CFT 650 x 650 x 25 pada 17<sup>th</sup> floor – 26<sup>th</sup> floor; CFT 800 x 800 x 32 pada 7<sup>th</sup> floor – 16<sup>th</sup> floor; CFT 1200 x 1200 x 50 pada ground floor – 6<sup>th</sup> floor.
4. Hasil Perhitungan sambungan
  - a. Sambungan balok anak atap dan balok induk menggunakan 2 buah baut dan pada lantai menggunakan 3 buah baut M12 mm A325 dan pelat siku 60 x 60 x 6.
  - b. Sambungan balok utama tangga dan balok penumpu tangga diberikan lubang slot 20 mm dan 4 baut M8 mm dengan mutu baut A325.
  - c. Sambungan balok penumpu tangga dan kolom menggunakan 2 baut M8 mm dengan mutu A325 dan pelat ketebalan 7 mm dan las sudut 3 mm.
  - d. Sambungan Balok Induk dan Kolom menggunakan baut M22 mm dan M24 mm, single plate pada badan balok induk tebal 16 mm dan las tumpul pada diaphragm plate tebal 26 mm setebal 25 mm.
  - e. Sambungan antar kolom menggunakan las sudut dan pelat dengan tebal 45 mm pada HSS 1200 x 1200 x 50 dan HSS 800 x 800 x 25; 30 mm pada HSS 650 x 650 x 25; dan 20 mm pada HSS 400 x 400 x 25.
  - f. Sambungan Base Plate menggunakan pelat dengan ukuran 1400 x 1400 mm dengan ketebalan 45 mm dan menggunakan baut angkur F1554 M20 8 buah.
5. Hasil Perhitungan struktur bawah
  - a. Dinding penahan tanah menggunakan jenis cantilever wall pada *toe* dan *heel* digunakan tulangan lentur D19-150 mm dan pada *stem* digunakan tulangan lentur Ø12-100 mm.

- b. Pondasi menggunakan *bored pile* dengan diameter 800 mm dengan mencapai kedalaman -30 m.
- c. Penulangan poer menggunakan D25-100 mm pada sisi bawah dan D25-200 mm pada sisi atas.
- d. Dimensi Kolom Pedestal sebesar 150/150 cm menggunakan jumlah tulangan 36D29 .
- e. Dimensi sloof sebesar 45/65 cm menggunakan tulangan 8D22.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini meliputi:

1. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai perencanaan struktur dengan menggunakan base isolator tipe high damping rubber bearing (HDRB) berdasarkan SNI 1726:2012 dan peraturan-peraturan lainnya agar dapat diketahui keunggulan penggunaan base isolator dalam meredam gaya gempa pada isolation structure dibandingkan dengan *fixed based structure* atau sistem struktur lainnya.
2. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai perilaku gedung tinggi dengan Sistem Isolation Structure dengan memperhatikan aspek teknis, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan dan mudah dalam pelaksanaan.
3. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai pengoptimalan struktur menggunakan base isolator tipe *High Damping Rubber Bearing* berdasarkan SNI 1726:2012 dan peraturan-peraturan lainnya agar dapat diketahui kondisi yang optimal untuk penggunaan sistem struktur dengan isolasi sehingga perencanaan lebih ekonomis dan efisien.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. 2005. **Seismic Provision for Structural Steel Buildings**. AISC, Inc.
- American Institute of Steel Construction. 2011. **Design Examples Version 14.1**. AISC, Inc.
- Arifin, Z. 2011. **Modifikasi Perencanaan Struktur Komposit Baja dan Beton pada Gedung RSUD Kepanjen Malang**. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- ATC 40. 1996. **Seismic Evaluation and retrofit of Concrete Buildings**, Volume 1, California.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. **Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)**. Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. **SNI 1729-2015 : Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. **Beban Minimum Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)**. Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1726-2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. **SNI 2847-2013 : Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bruneau M, Uang, C.M., Whittaker, A., 1998. **Ductile Design of Steel Structures**. USA: McGraw-Hill.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)**. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Engelhardt, Michael D., 2007. **Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures**. USA: University of Texas.

- FEMA, 356. 2000, **Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings**. American Society of Civil Engineers, Washington, D.C.
- FEMA, 440. 2005, "Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures". **Applied Technology Council (ATC-55 Project)**, Washington, D.C.
- G. Salmon, Charles & E. Johnson, Jhon. 1991 ."**Struktur Baja desain dan Perilaku Jilid 2 Edisi Kedua**". Jakarta: Erlangga.
- Heriandes, N. 2015. **Perancangan Modifikasi Struktur Gedung Dinas Prasarana Jalan, Tata Ruang dan Pemukiman Provinsi Sumatera Barat Menggunakan High Damping Rubber Bearing (HDRB)**. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Isdarmanu, Marwan. 2006. "**Buku Ajar Struktur Baja I**". **Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Izzati, S.Y. 2016. **Modifikasi Perancangan RSUD-Koja Jakarta Menggunakan Struktur Komposit Baja Beton**. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Natawidjaja, D. H. 2009. **Ancaman Gempa di Surabaya dan Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Mitigasi**, <http://lipi.go.id/berita/hati-hati-gedung-tinggi-rawan-guncangan-gempa/3194>.
- Qoernia, D. 2010. **Penentuan Nilai Parameter Dynamic Absorber Berbasis Frekuensi**. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002)**. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto. 1994. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

- Suardi, E. 2013. **Rubber Bearing Isolator Sebagai Sistem Penahan Gempa pada Bangunan Hotel Ibis Padang**. Jakarta: PT. PP (Persero) Tbk.
- Wahyudi, Herman .1999 . “**Daya Dukung Pondasi Dangkal. Surabaya**”. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Widiarsa, Ida Bagus Rai, & Putu Deskarta . 2007 . “Kuat Geser Baja Komposit Dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe – T ditinjau Dari Uji Geser Murni”. **Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 11, No 1**.

Halaman ini sengaja dikosongkan



**LAMPIRAN**

# DRILLING LOG

KLIEN	=	BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL WILAYAH VI	TIPE BOR	=	ROTARY DRILLING	<u>Remarks</u>
NAMA PROYEK	=	PEKERJAAN LAPANGAN PENYELIDIKAN TANAH	MULAI	=	14 Desember 2016	UD = Undisturb Sample
TTIK BOR	=	BH-1 (UTM : 562327 : 9114640)	SELESAI	=	20 Desember 2016	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	=	- 2,30 METER	MASTER BOR	=		SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	=	JALAN NASIONAL RUTE 12 BOGOR-CIAWI KM. 23+60				
ELEVASI	=	-6.00 METER DARI MUKA JALAN SETEMPAT				

[illegible]

# DRILLING LOG

KLIENT	=	BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL WILAYAH VI	TIPE BOR	=	ROTARY DRILLING	Remarks:
NAMA PROYEK	=	PEKERJAAN LAPANGAN PENYELIDIKAN TANAH	MULAI	=	14 Desember 2016	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR	=	BI-1 (UTM : 562327 ; 9114640)	SELESAI	=	20 Desember 2016	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	=	- 2,30 METER	MASTER BOR	=		SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	=	JALAN NASIONAL RUTE 12 BOGOR-CIAWI KM. 23+600				
ELEVASI	=	-6.00METER DARI MUKA JALAN SETEMPAT				

Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-A value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			N - Value
														15 cm	15 cm	15 cm	
30.00	-30.00	-30.00			BATUAN	ABU-ABU	VERY DENSE	SPT >50	-30.00	UD 06	-30.00	SPT 15	>50				
31.00	-31.00	-31.00	-30.50						-30.50								
32.00	-32.00	-32.00							-32.00	SPT 16	>50						
33.00	-33.00	-33.00	-32.50						-32.50								
34.00	-34.00	-34.00							-34.00	SPT 17	>50						
35.00	-35.00	-35.00	-34.50						-34.50								
36.00	-36.00	-36.00							-36.00	SPT 18	>50						
37.00	-37.00	-37.00	-36.50						-36.50								
38.00	-38.00	-38.00							-38.00	SPT 19	>50						
39.00	-39.00	-39.00	-38.50						-38.50								
40.00	-40.00	-40.00							-40.00	SPT 20	>50						
			-40.50						-40.50								

END OF BORING																	
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



## REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

**KLIEN : BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL WILAYAH VI**  
**PROYEK : PEKERJAAN LAPANGAN PENYELIDIKAN TANAH**  
**LOKASI : JALAN NASIONAL 12 BOGOR-CIAWI KM. 23+600 TITIK : BH-1**

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	yt	yd	ysat	Pp	Cc	Cv
-5,00	2,493	1,327	100,00	53,23	57,03	1,642	1,071	1,642	*	*	*
-10,00	2,534	0,968	100,00	38,20	48,19	1,779	1,288	1,779	*	*	*
-15,00	2,601	0,816	100,00	31,37	44,93	1,882	1,432	1,882	*	*	*
-20,00	2,543	0,754	100,00	29,65	42,99	1,880	1,450	1,880	*	*	*
-25,00	2,559	0,726	100,00	28,37	42,06	1,903	1,483	1,903	*	*	*
-30,00	2,617	0,698	100,00	26,67	41,11	1,952	1,541	1,952	*	*	*
-35,00	2,538	0,683	100,00	26,91	40,58	1,914	1,508	1,914	*	*	*
-40,00	2,546	0,615	100,00	24,16	38,08	1,957	1,576	1,957	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	$\phi$	$C_u$	$\phi_u$	$C_d$	$\phi_d$	Su	Cu	
-5,00	0,00	10,34	89,66	56,37	32,79	23,58	*	*	0,41	0	*	*	*	*	*
-10,00	0,00	89,46	10,54	NP	NP	NP	0	39	*	*	*	*	*	*	*
-15,00	0,00	91,26	8,74	NP	NP	NP	0	42	*	*	*	*	*	*	*
-20,00	BATU	BATU	BATU	NP	NP	NP	*	*	2,54	0	*	*	*	*	*
-25,00	BATU	BATU	BATU	NP	NP	NP	*	*	2,69	0	*	*	*	*	*
-30,00	BATU	BATU	BATU	NP	NP	NP	*	*	3,14	0	*	*	*	*	*
-35,00	BATU	BATU	BATU	NP	NP	NP	*	*	3,26	0	*	*	*	*	*
-40,00	BATU	BATU	BATU	NP	NP	NP	*	*	3,79	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	$C_d$	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	$C_u$	= Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	e	= Void ratio			Su	= Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> )
	Gs	= Specific Gravity	Cc	= Compression Index	$\phi$	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	$\phi_d$	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi_u$	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W <sub>c</sub>	= Water content (%)	*	= Not test		
	$\gamma_t$	= Moisture density (gr/cc)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	$\gamma_{sat}$	= Saturated density (gr/cc)				
	$\gamma_o$	= Dry density (gr/cc)				

**Super Floor Deck®** adalah bahan lembaran panel berbentuk plat gelombang yang terbuat dari baja struktural bermutu tinggi dengan High-tensile steel JIS 3302 (570 N/mm<sup>2</sup>), dan berfungsi sebagai bekisting tetap dan penulangan positif satu arah pada lantai beton bangunan bertingkat.

Tebal bahan yang tersedia adalah 0.75 mm dan 1.00 mm dengan lapisan seng minimum 220 gr/m<sup>2</sup>.

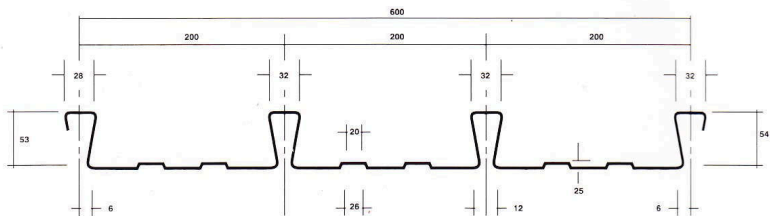
**Super Floor Deck®** dapat dipesan sesuai panjang yang dibutuhkan. Untuk memudahkan dalam pemasangan dan pengangkutan, dianjurkan panjang maximum 12 meter.

#### KEUNGGULAN-KEUNGGULAN **Super Floor Deck®**

- pemasangan yang cepat dan mudah.
- Sebagai pengganti tulangan positif searah.
- Ketahanannya terhadap kebakaran lebih baik.
- Dapat difinishing dengan cat sebagai plafond.
- Baja berkekuatan tinggi yang memberikan platform kerja yang lebih aman.

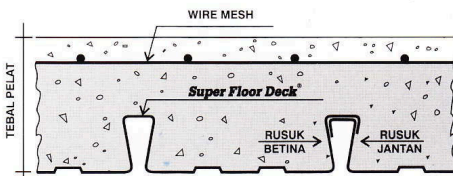
#### SPESIFIKASI

Bentuk gelombang dan ukuran **Super Floor Deck®**

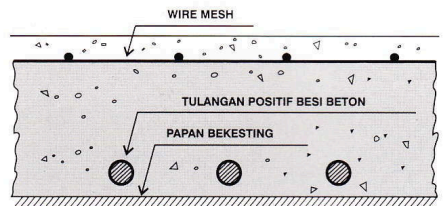


Berat per satuan luas : 10,10 Kg/M<sup>2</sup> untuk ketebalan 0,75 mm

Berat per satuan panjang : 6,06 Kg/M<sup>2</sup>



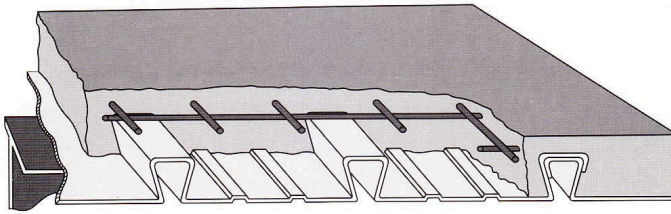
### SUPER KOMPOSIT PELAT BETON



### KONVESIONAL PELAT BETON

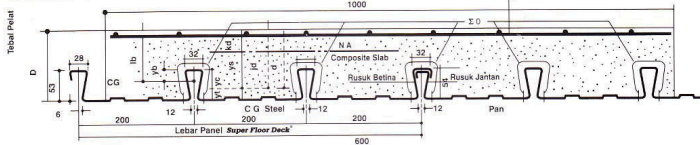
PERBANDINGAN	Jenis Bekisting	Bentang m	Beban kg/m <sup>2</sup>	Tebal cm	Tulangan Positif
KONVENSIONAL PELAT BETON	Kayu	4.5	400	14	O 12 mm
SUPER KOMPOSIT PELAT BETON	<b>Super Floor Deck®</b>	4.5	400	11	Tidak Perlu

# Super Floor Deck®



## PERENCANAAN: Piat Lantai Komposit

Semua ukuran dalam milimeter



### Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

**TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG **Super Floor Deck®** PERLEBAR 1000 MM**

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			I <sub>e</sub>	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Y <sub>c</sub>	Y <sub>t</sub>	I <sub>p</sub>	Z <sub>pc</sub>	Z <sub>pt</sub>	I <sub>n</sub>	Z <sub>nc</sub>	Z <sub>nt</sub>		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	Max
mm	kg / m <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	mm	10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm	KN	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm	KN
0.78	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	6.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I<sub>p</sub> = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

I<sub>n</sub> = idem untuk daerah momen negatif

Z<sub>nt</sub> = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z<sub>nc</sub> = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Z<sub>pc</sub> = idem, puncak rusuk dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

Z<sub>pt</sub> = idem, dasar dek dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

I<sub>e</sub> = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

I<sub>p</sub> = 1 (26 - 0.26 I<sub>p</sub>)

**TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS**

Super Floor Deck® 0.75 MM	BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITIONS WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MEHERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT														
	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000							
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD K/CM <sup>2</sup>																																			
TUANG PENYUSUN PROPPING																																			
BENTANG SPAN M	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM	TERAL PELAT DEPTH CM								
1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.05		
1.75	9	9	9	9	9	9	9	1.03	1.25	9	1.46	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00		
2.00	9	9	9	9	9	9	9	1.36	1.66	9	1.96	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65		
2.25	9	9	9	9	9	9	10	1.37	1.72	9	2.10	9	2.39	9	3.29	9	3.89	11	3.65	9	1.37	9	1.66	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.40		
2.50	9	9	9	9	9	9	10	1.4	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.10	12	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.46	9	2.86	9	3.25	13	3.99		
2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33
3.00	10	10	10	10	11	12	13	9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74		9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75			
3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22		10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12			
3.50	12	12	12	13	15			11	3.68	11	4.10	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71		11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51			
3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09			11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81	14					
4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55			12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	14	5.13	15	5.17				
4.25								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53					13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95								
4.50								15	6.20	15	7.27	15	8.90							15	4.90	15	5.73	15	6.58										

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN

- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA

- MUTU BAJA TULANGAN U - 48



## CARA PEMASANGAN

Lembaran **Super Floor Deck**® diletakkan diatas balok-balok pemikul (beam), baik diatas kontruksi beton maupun pada kontruksi baja, kemudian segera dimatikan/dipakukan atau di-las, jika perletakan di atas kontruksi baja. Hal tersebut untuk menghindari dari geseran perletakan lembaran **Super Floor Deck**® pada kedudukannya. Cara perletakan **Super Floor Deck**® pada umumnya minimum 5 cm dari bibir balok pemikul. Untuk sambungan arah memanjang, jarak perletakan **Super Floor Deck**® satu dengan lainnya diusahakan seminimal mungkin. Usahakan perletakan lembaran **Super Floor Deck**® bisa menutup dua atau tiga bentangan balok pemikul (continuous span), agar lebih praktis dan menghemat waktu baik dalam pemasangan maupun dalam pengangkutan. Lembaran **Super Floor Deck**® pada waktu beton masih basah berfungsi sebagai bekisting dan merupakan lantai kerja paling aman bagi pekerja lainnya. Tapi hindarkan terjadinya pemusatan beban diatas lembaran **Super Floor Deck**® yang belum berfungsi tersebut. Disarankan, gunakanlah papan balok kayu untuk lintasan jalan para pekerja.

## CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BAJA

Setelah konstruksi baja selesai dipasang dan balok-balok (beam) nya sudah dilot water pas, lembaran **Super Floor Deck**® segera dipasang. Biasanya pada konstruksi baja pemasangan **Super Floor Deck**® dengan cara bentang menerus, kemudian dimatikan dengan las listrik atau paku tembak.

### Syarat-syarat cara pengikatan

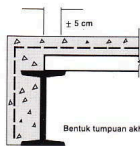
#### 1. Dengan cara pengelasan:

Pada bagian ujung **Super Floor Deck**® dan dibawah kaki rusuk dilas dengan las cantum berdiameter 1 cm. Pada balok pemikul tengah, lembaran dilas pada bagian rata kaki rusuk betina disetiap lembaran **Super Floor Deck**®. Mutu kawat las yang digunakan berukuran 3,25 mm, dengan baja selulose AC/DC bermutu tinggi. Cara pengelasannya dilakukan dari atas ke bawah.

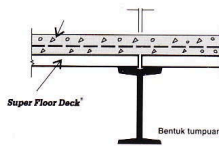
#### 2. Dengan cara pemakuan:

Bisa dengan paku keling biasa atau paku tembak. Bisa juga menggunakan paku berdiameter 4 mm. Kalau balok pemikul baja (beam) diperhitungkan sebagai balok T komposit, maka bisa digunakan paku berdiameter 10- 16 mm dilas ke balok baja pemikul dan berfungsi sebagai penahan geser.

Pemikul akhir ditentukan oleh gaya geser

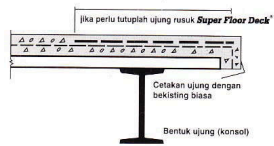


Tulangan susut



Celah diusahakan seminimum mungkin

Tulangan negatif yang dibutuhkan



Jika perlu tutuplah ujung rusuk Super Floor Deck®

Catatan ujung dengan bekisting biasa

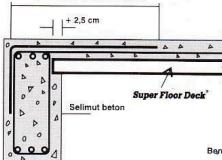
## CARA PEMASANGAN PADA KONSTRUKSI BETON

Memasang lembaran **Super Floor Deck**® di atas konstruksi beton pada umumnya dipasang sebagai bentang tunggal karena pengecoran balok dan lantai bersamaan, yaitu untuk menghemat waktu pekerjaan cor dan supaya menghasilkan balok T sesuai perencanaan.

### Syarat-syarat cara pengikatan

1. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang diantara dua balok pemikul sebagai bentang tunggal. Ada dua cara pemasangan, yaitu lembaran **Super Floor Deck**® dimatikan pada balok pemikul yang sudah dicor atau diletakkan di atas papan bekisting balok pemikul/dinding dengan jarak 2,5 cm dari sisi balok, sebelum balok/dinding dicor.
2. Lembaran **Super Floor Deck**® dipasang di atas beberapa balok pemikul sebagai bentang menerus. Pada waktu pengecoran balok-balok pemikul, siapkan angkur-angkur atau stek besi yang akan ditanam ke dalam coran beton tadi. **Super Floor Deck**® diletakkan setelah pengecoran dilaksanakan.

Tulangan negatif yang diperlukan



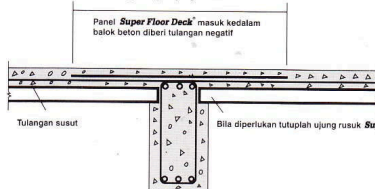
± 2,5 cm

Super Floor Deck®

Selut beton

Bentuk kerangka konstruksi beton

Tulangan negatif yang dibutuhkan



Panel Super Floor Deck® masuk kedalam balok beton diberi tulangan negatif

Tulangan susut

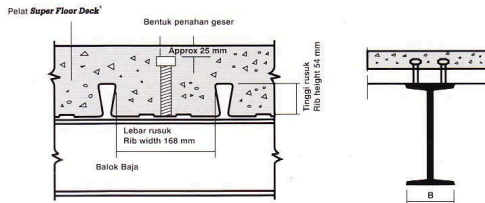
Bisa diperlukan tutuplah ujung rusuk Super Floor Deck®

## TIANG PENYANGGA SEMENTARA

Sebelum **Super Floor Deck** dicor dengan adukan beton, terlebih dahulu disangga oleh tiang penyangga sementara, terbuat dari kayu dolken atau papan, terutama untuk bentang besar. Hal ini untuk menghindari lendutan akibat pembebanan sementara **Super Floor Deck** belum berfungsi. Biasanya tiang penyangga sementara ini dilepas setelah beton berumur 7 sampai 14 hari.

## PENAHAN GESER

Penahan geser dibutuhkan untuk ikatan antara lantai beton dengan balok pemikul dibawahnya. Terbuat dari bati beton dengan diameter antara 10 sampai 16 mm. Adajuga yang dibuat seeara khusus. Tinggi maksimum di bawah permukaan akhir plat beton 2 cm. Adapun jaraknya harus dihitung berdasarkan diagram gaya lintang balok.



## TULANGAN SUSUT

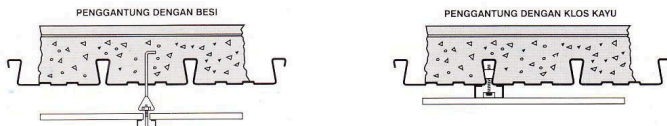
Disarankan memakai Tulangan Susut yang berfungsi selain untuk mengatasi keretakan lantai beton akibat perubahan temperatur dan juga menyebarkan pembebanan. Untuk plat tebal antara 9-12 cm, bisa digunakan jaring kawat berdiameter 5 mm dan 6 mm untuk tebal antara 13-16 cm

## SYARAT-SYARAT MUTU BETON

Disarankan kekuatan tekanan karakteristik minimum 200 kg/Cm<sup>2</sup> (K-200) dan harus tercapai setelah beton berumur 28 hari dan harus memenuhi syarat - syarat PBI 1971 (NI - 2)

## PEKERJAAN LANGIT-LANGIT

Langit-langit yang menggantung bisa dibuat penggantung dari kawat baja yang di tanam ke dalam plat beton sebelum di-cor. Atau pada alur gelombang **Super Floor Deck** dipasang rusuk dari kayu dan berfungsi sebagai pengikat. Penyemprotan dengan bahan plesteran seperti gips, vermikulit, bisa langsung disemprotkan kepermukaan bagian bawah **Super Floor Deck**

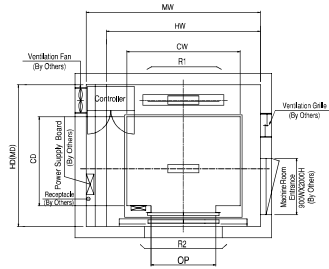




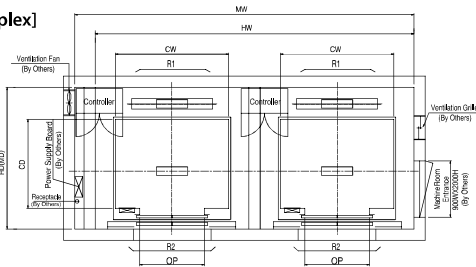
## Technical Data

### I Hoistway & Machine Room Plan

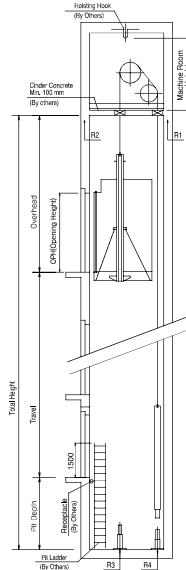
#### [Simplex]



#### [Duplex]



### I Hoistway Section



### I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulation [CODE]	Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hook Strength (kg)	
Standard / EN	1	450~1000	Travel≤100	4200	1400	2300	3000	
		1350	Travel≤100	4300			4500	
		1150/1600	Travel≤80	4300				
	1.5	450~1000	80<Travel≤100	4650	1450		3000	
		1350	Travel≤100	4400		4500		
		1150/1600	Travel≤80	4400				
	1.75	450~1000	80<Travel≤100	4750	1600	2300	3000	
		1350	Travel≤100	4500			4500	
		1150/1600	Travel≤80	4500				
	MS2021	1	410~1025	Travel≤100	4200		1400	2550
			1365	Travel≤100	4300	2400		4500
			1160/1365	Travel≤80	4300			
1.5		410~1025	80<Travel≤100	4650	1450	2550	3000	
		1365	Travel≤100	4400		2400	4500	
		1160/1365	Travel≤80	4400				
1.75		410~1025	80<Travel≤100	4750	1600	2550	3000	
		1365	Travel≤100	4500		2400	4500	
		1160/1365	Travel≤80	4500				
Standard / EN		2	800~1600	Travel≤130	5100	1900	2300	4500
		2.5			5300	2200		

## Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[EN Code]

1.0	6	450	700	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6600	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	8900	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700

Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	5250	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[EN Code]

1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300
				2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300				

[Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300

## Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 2.0, 2.5 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
2.0 ~ 2.5	11	750	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11000	7550	12300	9500
	13	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11000	7550	13000	9900
	15	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	15	1000	900	1600	1400	2150	2100	4450	2100	2150	2100	4450	2100	11650	7850	13900	10500
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11600
	20	1350	1000	1300	2300	2250	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11600
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13900	9350	17400	12500
2.0 ~ 2.5	24	1600	1100	2100	1600	2650	2300	5450	2300	2650	2300	5450	2300	13900	9350	17400	12500
	24	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13900	9350	17400	12500

[EN Code]

2.0 ~ 2.5	10	800	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11000	7550	12300	9500
	12	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11000	7550	13000	9900
	13	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	13	1000	900	1600	1400	2150	2100	4450	2100	2150	2100	4450	2100	11650	7850	13900	10500
	15	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11600
	18	1350	1000	1300	2300	2250	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11600
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13900	9350	17400	12500
	21	1600	1100	2100	1600	2650	2300	5450	2300	2650	2300	5450	2300	13900	9350	17400	12500
	21	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13900	9350	17400	12500

# Technical Data

## I Power Supply Plan [Speed : 1.0 ~ 2.5 m/s]

(220V / 380V)

Speed (m/s)	Capacity		Motor Capacity (kW)	MCCB Capacity of Building(A)		Power Supply Capacity(kVA)		Lead-In Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Earth Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Heat Output (kcal/H)	Starting Power (kVA/set)
	Person	Load(kg)		Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex		
1.0	6	450	4.6	25 / 25	25 / 32	5.3 / 5.3	9.7 / 9.7	10 / 6	16 / 6	10 / 6	16 / 6	675	10.0
	8	550	4.6	25 / 25	25 / 40	5.9 / 5.9	10.8 / 10.8	10 / 6	25 / 6	10 / 6	16 / 6	825	10.0
	9	600	4.6	25 / 25	25 / 50	6.3 / 6.3	11.5 / 11.5	10 / 6	25 / 6	10 / 6	16 / 6	900	10.0
	10	680	5.5	32 / 25	32 / 50	7.3 / 7.3	13.4 / 13.4	16 / 6	35 / 6	16 / 6	16 / 6	1050	16.0
	11	750	5.5	32 / 25	32 / 60	7.7 / 7.7	14.0 / 14.0	16 / 6	35 / 6	16 / 6	16 / 6	1125	16.0
	13	900	6.7	40 / 25	40 / 75	8.9 / 8.9	16.2 / 16.2	25 / 6	50 / 6	16 / 6	25 / 6	1350	16.0
	15	1000	6.7	40 / 25	50 / 75	9.8 / 9.8	17.8 / 17.8	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1500	16.0
	17	1150	7.7	50 / 32	50 / 100	11.1 / 11.1	20.3 / 20.3	25 / 6	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1725	16.0
	20	1350	9.1	60 / 32	75 / 125	13.0 / 13.0	26.0 / 26.0	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2025	16.0
1.5	24	1600	10.8	75 / 40	75 / 125	15.5 / 15.5	31.0 / 31.0	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 10	2400	25.0
	8	550	6.9	32 / 25	32 / 60	9.7 / 9.7	17.7 / 17.7	16 / 6	35 / 10	16 / 6	16 / 6	1238	16.0
	9	600	6.9	32 / 25	40 / 60	10.4 / 10.4	18.9 / 18.9	16 / 6	35 / 10	16 / 6	16 / 6	1350	16.0
	10	680	8.3	40 / 25	40 / 75	11.5 / 11.5	20.9 / 20.9	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1575	16.0
	11	750	8.3	40 / 25	50 / 75	12.0 / 12.0	21.8 / 21.8	25 / 10	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1688	16.0
	13	900	10	50 / 32	50 / 100	13.5 / 13.5	24.6 / 24.6	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2025	16.0
	15	1000	10	60 / 32	60 / 100	14.9 / 14.9	27.1 / 27.1	35 / 10	70 / 16	16 / 6	35 / 6	2250	16.0
	17	1150	11.6	75 / 40	75 / 120	18.2 / 18.2	33.1 / 33.1	50 / 16	70 / 16	25 / 6	35 / 6	2588	25.0
	20	1350	13.6	100 / 50	100 / 150	21.2 / 21.2	42.4 / 42.4	50 / 16	95 / 25	25 / 6	35 / 10	3038	35.0
1.75	24	1600	16.2	100 / 60	120 / 175	25.3 / 25.3	50.5 / 50.5	50 / 16	95 / 35	25 / 6	35 / 10	3600	35.0
	8	550	8.1	40 / 25	40 / 75	11.7 / 11.7	21.4 / 21.4	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1444	16.0
	9	600	8.1	40 / 25	40 / 75	12.5 / 12.5	22.8 / 22.8	25 / 6	50 / 10	16 / 6	25 / 6	1575	16.0
	10	680	9.7	50 / 25	50 / 100	13.9 / 13.9	25.2 / 25.2	35 / 6	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1838	16.0
	11	750	9.7	50 / 32	50 / 100	14.5 / 14.5	26.4 / 26.4	35 / 10	70 / 10	16 / 6	35 / 6	1969	16.0
	13	900	11.7	60 / 32	60 / 100	16.4 / 16.4	29.8 / 29.8	35 / 10	70 / 10	16 / 6	35 / 6	2363	16.0
	15	1000	11.7	75 / 40	75 / 120	18.0 / 18.0	32.7 / 32.7	50 / 10	70 / 16	25 / 6	35 / 6	2625	25.0
	17	1150	13.6	75 / 50	100 / 150	21.0 / 21.0	38.2 / 38.2	50 / 16	100 / 25	25 / 6	50 / 10	3019	35.0
	20	1350	15.9	100 / 50	100 / 175	24.4 / 24.4	48.9 / 48.9	50 / 16	70 / 25	25 / 6	50 / 10	3544	35.0
2.0	24	1600	18.9	125 / 60	120 / 200	29.1 / 29.1	58.3 / 58.3	70 / 16	95 / 35	25 / 6	50 / 10	4200	35.0

(220V / 380V)

Speed (m/s)	Capacity		Motor Capacity (kW)	MCCB Capacity of Building(A)		Power Supply Capacity(kVA)		Lead-In Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Earth Wire Size(mm <sup>2</sup> )		Heat Output (kcal/H)	Starting Power (kVA/set)
	Person	Load(kg)		Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex	Simplex	Duplex		
2.0	11	750	11	60 / 40	125 / 60	13 / 13.1	24 / 23.8	16 / 10	70 / 25	16 / 6	16 / 10	2250	24.3
	13	900	13.5	75 / 40	125 / 75	15 / 15.4	28 / 28.0	25 / 16	95 / 35	16 / 6	16 / 10	2700	27.7
	15	1000	13.5	75 / 50	150 / 100	17 / 17.1	31 / 31.1	25 / 16	95 / 50	16 / 6	16 / 16	3000	30
	17	1150	16	100 / 50	175 / 100	20 / 19.9	36 / 36.1	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	3450	34.2
	20	1350	18.5	100 / 60	175 / 100	22 / 21.6	39 / 39.3	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	4050	36.1
	24	1600	22	125 / 75	250 / 125	26 / 26.2	48 / 47.6	50 / 25	150 / 70	16 / 10	25 / 25	4800	42.7
2.5	11	750	13.5	75 / 50	150 / 75	16 / 16.2	29 / 29.5	25 / 16	95 / 35	16 / 6	16 / 10	2812.5	31.5
	13	900	17	100 / 50	150 / 100	19 / 19.0	35 / 34.5	35 / 16	120 / 50	16 / 6	16 / 16	3375	35.9
	15	1000	17	100 / 60	175 / 100	21 / 21.1	38 / 38.3	35 / 16	150 / 50	16 / 6	16 / 16	3750	39
	17	1150	20	125 / 60	200 / 125	24 / 23.9	44 / 43.6	50 / 16	150 / 70	16 / 6	16 / 25	4312.5	42.8
	20	1350	23	125 / 75	250 / 125	26 / 26.2	48 / 47.8	50 / 25	150 / 70	25 / 10	25 / 25	5062.5	46
	24	1600	27.5	150 / 100	300 / 150	31 / 31.4	57 / 57.2	70 / 25	185 / 70	25 / 10	25 / 25	6000	54.1

# Product & System Introduction

## High Damping Rubber Bearing X Series

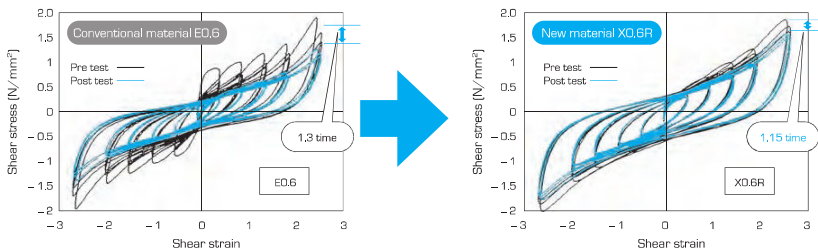
### Features of High Damping Rubber Bearing X Series

High damping rubber bearing is a laminated rubber structure that includes a special filler compound in the rubber itself to provide energy absorption performance. It combines damping and spring characteristics and is widely adopted as a seismic isolator.

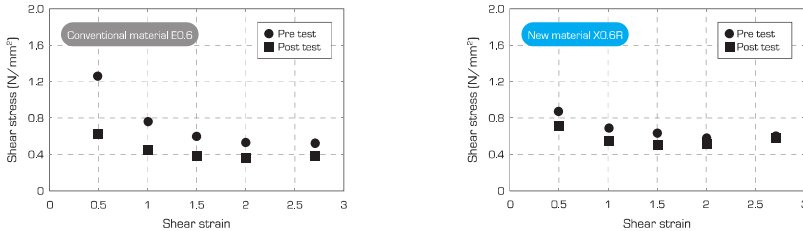
However, the conventional high damping rubber shows loading hysteresis dependency, where its rate of change of stiffness has become reduced and restoration becomes progressively worse after repeated loading under increasing deformation.

With Bridgestone's next-generation of high damping rubber X series, the effect of loading hysteresis dependency is greatly reduced and the properties become much simpler to manage. Furthermore, it is also more accommodating to the reduction in ultimate properties caused by bi-directional loading.

### ● Reduction in Loading Hysteresis Dependency



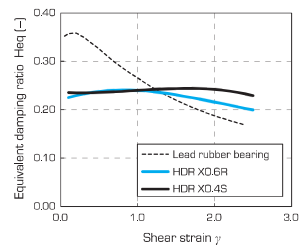
Compared to conventional high damping rubber, the change of equivalent shear stiffness [1 cycle/3cycle] in repeated loading is greatly reduced. The properties of seismic isolation bearings are defined by the 3rd cycle and it is able to reduce the load variation during initial deformation.



Conventional high damping rubber shows shear stress reduction after large deformation due to the effect of loading hysteresis dependency, but the next-generation high damping rubber is able to minimize the change in properties before and after large deformation. By reducing the effect of loading hysteresis dependency, the accuracy of the overall seismic isolation design can be improved.

### ● Increasing of Equivalent Damping Ratio

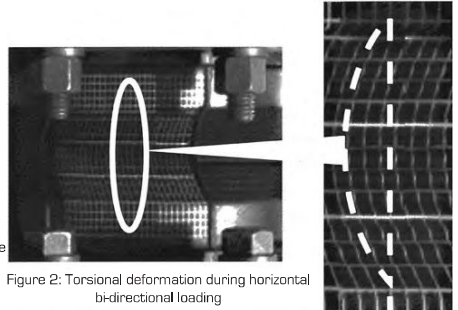
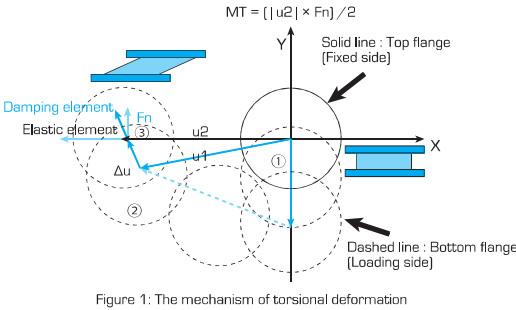
Compared to conventional high damping rubber, the equivalent damping ratio (at shear strain  $\gamma = \pm 100\%$ ) of high damping rubber X0.4S, X0.6R are increased (X0.4S:0.220  $\rightarrow$  0.240, X0.6R:0.225  $\rightarrow$  0.240). Furthermore, compared to the same diameter of lead rubber bearing (lead diameter/outer diameter = 0.2), a higher damping ratio can be obtained in the range of  $\gamma \geq 130\%$ .



# Ultimate Properties of High Damping Rubber Bearings by Horizontal Bi-directional Loading

## ● Outline

The ultimate deformation of high-damping rubber is degraded by applying bi-directional loading compared to unidirectional loading. Through a horizontal bi-directional loading test with a full scale model high-damping rubber bearing, torsional deformation can be seen in the side view of the rubber. Compared with unidirectional loading, the phenomenon of breaking at early stage by bi-directional loading has been identified. The standard value of the ultimate properties, influenced by bi-directional loading is shown below and the ultimate compressive stress is confirmed.



As shown in Figure 1, when the bi-directional loading is applied on a high damping rubber bearing, the elastic force occurs in the shear deformation direction, while the damping force occurs in the tangential direction of the deformation trajectory. The torsional moment created by the damping elements and the shear deformation is present at each rubber layer of the laminated structure. The additional shear strain  $\gamma_{\phi}$  caused by torsional deformation is added to the shear strain caused by the rubber shear deformation itself. Thus, it will rupture relatively early compared to the unidirectional loading test. However, the torsional deformation caused by bi-directional loading does not affect the buckling ultimate strain, as verified experimentally.

## ● Ultimate Property of Horizontal Bi-directional Loading

According to the Japan Society of Seismic Isolation (JSSI) guidelines, the final ultimate strain is determined by the minimum of the ultimate strain  $\gamma_L$  by unidirectional loading and the ultimate strain  $\gamma_{Bo}$  by bi-directional loading.

### ● Ultimate strain by unidirectional loading

Ultimate strain by unidirectional loading is defined as shown in Table 1.

Table 1: Standard value of ultimate strain by unidirectional loading

Compound	Ultimate strain by unidirectional loading $\gamma_L$
X0.4S	$S_2 \times 0.9 \times 100\% (0.9 \times S_2 < 4)$ $400\% (0.9 \times S_2 \geq 4)$
X0.6R	$S_2 \times 0.9 \times 100\% (S_2 < 4.5)$ $400\% (S_2 \geq 4.5)$

$S_2$ : Second shape factor

### ● Ultimate strain by bi-directional loading

Ultimate strain by bi-directional loading is defined as shown in Table 2.

Table 2: Standard value of ultimate strain by bi-directional loading

Compound	Formula of ultimate strain by bi-directional loading $\gamma_{Bo}$
X0.4S	$\gamma_{Bo} = [5.80 \times S_2 + 9.05] / (S_2 + 4.49)$
X0.6R	$\gamma_{Bo} = [5.00 \times S_2 + 9.05] / (S_2 + 4.49)$

$S_2$ : Second shape factor

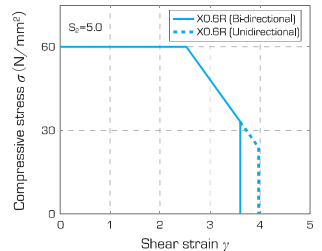
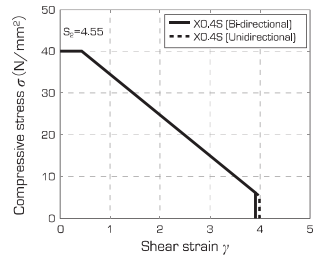


Figure 3: Comparison example of ultimate property diagram

## Lap<sup>2</sup> + t.Ver2 (Layout Planning Assistance Program for Seismic Isolation Device)

Lap<sup>2</sup> + t.Ver2 is a program that supports layout planning of Bridgestone seismic isolation bearing for seismically isolated building. The ideal seismic isolation bearing (in terms of size) can be determined from the column axial force [nominal long term column load] and the selections of seismic isolation bearing's series based on the layout of the seismic isolation interface. In addition to Bridgestone made seismic isolation bearings, hysteresis type dampers or oil dampers which are typically used in Japan can be specified in the program. The selections can be changed (or specified) interactively on the GUI (Graphic User Interface) screen by the click of a mouse and the notification calculation for that bearing arrangement can be carried out as well. Besides, regarding to the bearing layout planning, the mathematical process which is using genetic algorithm could produce an optimization function whereby by satisfying the notification calculation and at the same time reduce as much as possible the shear force for the layout plan, or by satisfying the notification calculation and at the same time reduce as much as possible the response displacement for the layout plan that could meet the criteries. In addition to being able to verify by the notification calculation, the Lap<sup>2</sup> + t.Ver2 software allows response calculation for seismic response analysis.

### ● Simple Input

From the data-input and modification of the seismic isolation interface, seismic response analysis can be conducted easily. Also, Lap<sup>2</sup> + t.Ver2 is compatible software that can capture or transfer structural calculation data from the "Super Build / SS3" software which is developed by Union System.

• "Super Build / SS3" is a registered trademark of Union System Inc.

### ● 2 Calculation Functions of Seismically Isolated Structure

● "Seismic Response calculation by seismic isolation notification\*1 ".....the results of the calculation can be printed in a reporting style.

● "Seismic response calculation by time history analysis".....the calculation can be conducted for various earthquake waves. Also, Lap<sup>2</sup> + t.Ver2 can work together with the structural calculation software "Super Dynamic Pro" from Union System.

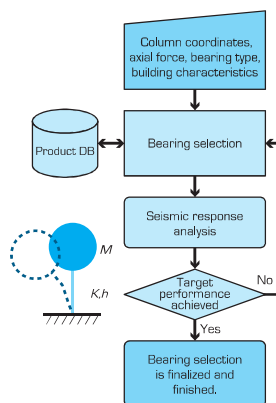
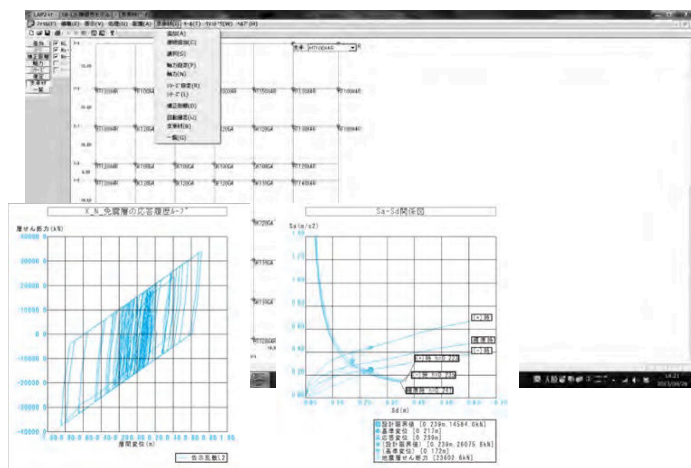
※ 1 The structural calculation method is based on the "Technical standards required for safety which relates to the structural method for seismically-isolated buildings" as stated in the notification No.2009 of the Ministry of Construction, in the year 2000.

### ● Seismic Isolation Devices

Bridgestone natural rubber bearing, lead rubber bearing, high damping rubber bearing, elastic sliding bearing, other standard hysteretic dampers and oil dampers can be adopted.

### ● Layout Planning of Seismic Isolation Devices

The software helps you to choose the appropriate seismic isolation devices and its placement in the building to satisfy the target performance.



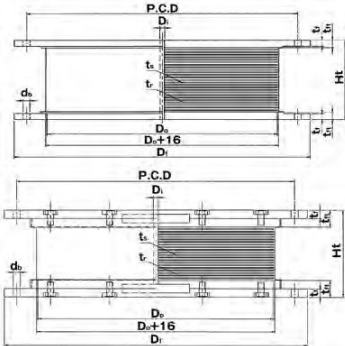


# Product Specification & Description of Performance Characteristics

## High Damping Rubber Bearing (HDR)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan  
**MVBR-0516 (X0.3R Series)** Acquired in December 2014  
**MVBR-0510/MVBR-0519 (X0.4S Series)** Acquired in December 2014  
**MVBR-0514/MVBR-0520 (X0.6R Series)** Acquired in December 2014

### ●Product Dimension

Characteristics			Sectional View	
Physical Dimensions	Outer diameter	: $D_o$ (mm)		
	Inner diameter	: $D_i$ (mm)		
	Number of inner diameter	: $n_i$		
	Effective plane area	: $A$ ( $\times 10^3 \text{mm}^2$ )		
	Thickness of one rubber layer	: $t_r$ (mm)		
	Number of rubber layers	: $n$		
	Total rubber thickness	: $H = n \cdot t_r$ (mm)		
	First shape factor $S_1 = (D_o^2 - n_i \cdot D_i^2) / (4 \cdot t_r \cdot (D_o + n_i \cdot D_i))$			
	Second shape factor $S_2 = D_o / (n \cdot t_r)$			
	Diameter of flange	: $D_i$ (mm)		
	Thickness of flange: edge/center	: $t_c / t_r$ (mm)		
	Connecting bolt: PCD	: PCD (mm)		
	Diameter of connecting bolt hole $\times$ qty	: $d_b$ (mm) $\times$ qty		
	Bolt size (assumption)	: M ( $d_b - 3$ )		
	Thickness of each reinforced steel plate	: $t_s$ (mm)		
	Total height	: $H_t$ (mm)		
Total weight: 1 (kN) = 1 / 9.80665 (tonf)				

### ●Rubber Material

Notation of rubber kind (standard temperature 20°C standard strain  $\gamma = 100\%$ )

Compound name	Rubber code	Shear modulus $G_{90}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Equivalent damping ratio $H_{90}$
X3R	X0.3R	0.300	0.17
X4S	X0.4S	0.392	0.24
X6R	X0.6R	0.620	0.24

Composition of rubber materials (weight ratio %)

	Rubber code	Natural rubber Synthetic rubber	Filler, Reinforcement agent	Vulcanization agent and others
Inner Rubber	X0.3R	35 and above	15 and above	50 and below
	X0.4S	35 and above	20 and above	45 and below
	X0.6R	35 and above	25 and above	40 and below
Cover rubber		40 and above	15 and above	40 and below

Properties of rubber materials

Item	Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation at Break (%)	Hardness (JIS A)	100% modulus (N/mm <sup>2</sup> )	Young's modulus E (N/mm <sup>2</sup> )	Bulk modulus $E_v$ (N/mm <sup>2</sup> )	Correction factor for apparent Young's modulus according to hardness, k
Test Standard	JIS K6251	JIS K6251	JIS K6253	JIS K6251	—	—	—
Inner Rubber	X0.3R	7 and above	700 and above	34 $\pm$ 8	0.53 $\pm$ 0.2	4.0	1.0
	X0.4S	7 and above	840 and above	37 $\pm$ 8	0.43 $\pm$ 0.2	6.2	1.0
	X0.6R	8.5 and above	780 and above	53 $\pm$ 5	0.73 $\pm$ 0.2	7.6	1.0
Cover rubber	12 and above	600 and above	—	—	—	—	—

### ●Steel Material

Steel material for each part:

	Material
Reinforced steel plate	SS400 (JIS G 3101)
Flange <sup>*1,2</sup>	SS400 (JIS G 3101)
Connecting plate <sup>*1</sup>	SS400 (JIS G 3101)

<sup>\*1</sup>: Optionally SM490A (JIS G 3106).

<sup>\*2</sup>: Optionally special thickness other than standard thickness.

Anti-rust treatment of flange

Preparation	Remove rust up to blasting quality of SSPC-SP-10 (SIS Sa 2 1/2)
Primer	Zinc-rich paint: 75 $\mu$ m $\times$ 1 coat
Middle coat	Epoxy resin paint: 60 $\mu$ m $\times$ 1 coat
Finishing	Epoxy resin paint: 35 $\mu$ m $\times$ 1 coat
Total film thickness	170 $\mu$ m and above

<sup>\*1</sup>: Standard color is gray.

<sup>\*2</sup>: Other kinds of anti-rust treatment are also available. Please contact us for more details.

### ●Precautions

- For mid-storey isolation, fire resistant cover is necessary (according to JSSI provision, HS110X4S cannot apply any fire resistant cover). Please contact fire resistant cover manufacturer who are listed in the JSSI manufacturer list for more details. ([http://www.jssi.or.jp/bussiness/kigyou\\_detail/to-si-base.htm](http://www.jssi.or.jp/bussiness/kigyou_detail/to-si-base.htm))
- There are two certification numbers for X0.4S, X0.6R due to difference of some manufacturing process. Although their properties values are the same, please fill the certification number as shown in the table on the right in the design documents.

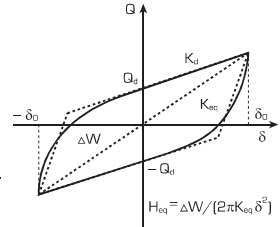
	Rubber size $\phi$ 1000 and below	Rubber size $\phi$ 1100 and above
X0.4S	Both MVBR-0510/MVBR-0519	MVBR-0510 only
X0.6R	Both MVBR-0514/MVBR-0520	MVBR-0514 only

## Shear Properties

■ Equivalent shear stiffness  $K_{eq}$ , equivalent damping ratio  $H_{eq}$ , initial stiffness  $K_1$ , post-yield stiffness  $K_2$ , characteristic strength  $Q_d$ , Function giving ratio of characteristic strength to maximum shear force of a loop  $u$

Shear properties of HDR is dependent on shear strain amplitude. The shear strain dependency of each property is expressed by the following equations.

● Rubber material X0.3R ( $0.1 \leq \gamma \leq 3.0$ )	$G_{eq}(\gamma) = 0.0255 \gamma^4 - 0.2213 \gamma^3 + 0.7283 \gamma^2 - 1.1028 \gamma + 0.8703$ $H_{eq}(\gamma) = -0.005 \gamma^3 + 0.015 \gamma^2 - 0.006 \gamma + 0.166$ $u(\gamma) = -0.0087 \gamma^3 + 0.0262 \gamma^2 - 0.0105 \gamma + 0.2720$
● Rubber material X0.4S ( $0.1 \leq \gamma \leq 2.7$ )	$G_{eq}(\gamma) = 0.054 \gamma^4 - 0.416 \gamma^3 + 1.192 \gamma^2 - 1.583 \gamma + 1.145$ $H_{eq}(\gamma) = -0.007 \gamma^3 + 0.020 \gamma^2 - 0.009 \gamma + 0.236$ $u(\gamma) = -0.0132 \gamma^3 + 0.0401 \gamma^2 - 0.0190 \gamma + 0.4001$
● Rubber material X0.6R ( $0.1 \leq \gamma \leq 2.7$ )	$G_{eq}(\gamma) = 0.620 \times [0.1364 \gamma^4 - 1.016 \gamma^3 + 2.903 \gamma^2 - 3.878 \gamma + 2.855]$ $H_{eq}(\gamma) = 0.240 \times [0.02902 \gamma^3 - 0.1804 \gamma^2 + 0.2364 \gamma + 0.9150]$ $u(\gamma) = 0.408 \times [0.03421 \gamma^3 - 0.2093 \gamma^2 + 0.2711 \gamma + 0.9028]$



Based on above equations, each shear properties shall be determined by the following equations.

Equivalent shear stiffness	: $K_{eq} = G_{eq} \cdot A / H$	Equivalent damping ratio	: $H_{eq} = \Delta W / (2 \pi \cdot K_{eq} \delta_o^2)$
Initial stiffness	: $K_1 = 10 \times K_0$		
Post-yield stiffness	: $K_2 = K_{eq}(1 - u)$		
Characteristic strength	: $Q_d = u \cdot K_{eq} \cdot H \cdot \gamma$		

## Temperature dependency

Each shear properties shall be corrected to the value at standard temperature of 20°C by the following equations. (Applicable range:  $-10 \leq T \leq 40^\circ\text{C}$ ) (T : Temperature during inspection)

● Rubber material X0.3R	$K_{eq}(T^\circ\text{C}) = K_{eq}(\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times [1.139 - 9.653 \times 10^{-3} \cdot T + 1.721 \times 10^{-4} \cdot T^2 - 1.847 \times 10^{-6} \cdot T^3]$ $H_{eq}(T^\circ\text{C}) = H_{eq}(\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times [1.050 - 2.790 \times 10^{-3} \cdot T + 4.678 \times 10^{-4} \cdot T^2 - 1.613 \times 10^{-6} \cdot T^3]$
● Rubber material X0.4S/X0.6R	$K_{eq}(T^\circ\text{C}) = K_{eq}(\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times [1.205 - 1.862 \times 10^{-2} \cdot T + 5.991 \times 10^{-4} \cdot T^2 - 8.991 \times 10^{-6} \cdot T^3]$ $H_{eq}(T^\circ\text{C}) = H_{eq}(\text{standard value at } 20^\circ\text{C}) \times [1.065 - 4.134 \times 10^{-3} \cdot T + 1.096 \times 10^{-4} \cdot T^2 - 3.102 \times 10^{-6} \cdot T^3]$

● Standard value of temperature dependency (Standard temperature (20°C))

Properties values	Equivalent shear stiffness $K_{eq}$				Equivalent damping ratio $H_{eq}$			
	-10°C	0°C	30°C	40°C	-10°C	0°C	30°C	40°C
X0.3R	within +25%	within +14%	within -5%	within -9%	within +8%	within +5%	within -4%	within -9%
X0.4S	within +46%	within +21%	within -6%	within -16%	within +12%	within +7%	within -4%	within -12%
X0.6R	within +46%	within +21%	within -6%	within -16%	within +12%	within +7%	within -5%	within -13%

## Performance variation

The rate of change of main causes (manufacturing variation, aging, temperature change) which affect shear properties as shown below.

Rubber materials		X0.3R		X0.4S		X0.6R	
		Equivalent shear stiffness, $K_{eq}$	Equivalent damping ratio, $H_{eq}$ Function giving ratio of characteristic strength to maximum shear force, $u$	Equivalent shear stiffness, $K_{eq}$	Equivalent damping ratio, $H_{eq}$ Function giving ratio of characteristic strength to maximum shear force, $u$	Equivalent shear stiffness, $K_{eq}$	Equivalent damping ratio, $H_{eq}$ Function giving ratio of characteristic strength to maximum shear force, $u$
Manufacturing variation <sup>*1</sup>		±10%	±10%	±10%	±10%	±10%	±10%
Aging <sup>*2</sup>		+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%
Ambient temperature variation 20°C ± 20°C	{+} side	+14%	+5%	+21%	+7%	+21%	+7%
	{-} side	-9%	-5%	-16%	-12%	-16%	-13%
Total	{+} side <sup>*3</sup>	+34%	-15%	+41%	-13%	+41%	-13%
	{-} side <sup>*3</sup>	-19%	+1%	-26%	-2%	-26%	-3%

\*1 : The variation of each product (standard value) shall be within ±20% and variation of total units of products per project (total of standard values) shall be within ±10%.

However, if the total units of products is less than 8 units per project, the variation (total of standard values) shall be within ±15%.

(For  $H_{eq}$ ,  $\Sigma [H_{eq} \times K_{eq}] / \Sigma K_{eq}$  shall be within ±15% from the standard value)

Note: For compressive stiffness  $K_v$ , variation of each product (standard value) shall be within ±30%.

\*2 : Predicted rate of change after 50 years at 20°C standard temperature.

\*3 : The equivalent shear stiffness  $K_{eq}$  and equivalent damping ratio  $H_{eq}$  is dependent to each other. The indicated rate of change of  $H_{eq}$  are corresponding to both maximum and minimum rate of change of  $K_{eq}$  respectively.

## Compressive Properties

### Compressive stiffness $K_v$

Compressive stiffness  $K_v$  is determined by the following equation.

$$K_v = E_c \cdot \frac{A}{H} \quad E_c = \frac{E(1+2\kappa S_1^2)}{1+E(1+2\kappa S_1^2)/E_\infty}$$

### Ultimate compressive stress

Critical stress  $\sigma_{cr}$  at zero shear strain is determined by the following equation.

$$\sigma_{cr} = \alpha_c \cdot \frac{\pi}{4} (G_{eq} \cdot E_b)^{0.5} \cdot S_2$$

However,  $E_b = E_{cr} [1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_1^2] / \{1 + E_{cr} [1 + 2/3 \cdot \kappa \cdot S_1^2] / E_\infty\}$

(Note)  $S_1$  is defined as 35.0 (for X0.4S, X0.6R) and 28.0 (for X0.3R) as standard value.

$\alpha_c$ : Correction factor determined from our test data

Rubber material X0.3R:  $\alpha_c = 1.0$  (if  $S_2 \geq 5$ )  $\alpha_c = [1 - 0.2 (5 - S_2)]$  (if  $5 > S_2$ )

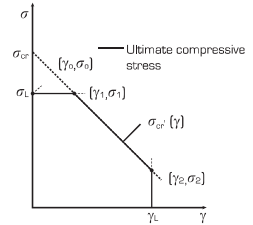
Rubber material X0.4S:  $\alpha_c = 0.88$  (if  $S_2 \geq 5$ )  $\alpha_c = 0.88 [1 - 0.07 (5 - S_2)]$  (if  $5 > S_2$ )

Rubber material X0.6R:  $\alpha_c = 1.45$  (if  $S_2 \geq 5$ )  $\alpha_c = 1.45 - 0.3 (5 - S_2)$  (if  $5 > S_2$ )

$E_{CR} = 3 \times G_{eq}$  (for X0.4S, X0.6R)  $E_{CR} = 2.2$  (for X0.3R)

Ultimate compressive stress at any shear strain  $\sigma_{cr}'(\gamma)$  is determined by  $\sigma_{cr}$  by the following equation.

$$\sigma_{cr}'(\gamma) = \sigma_{cr} \cdot (1 - \frac{\gamma}{S_2})$$



The ultimate compressive stress shall not exceed the upper limit  $\sigma_L$  determined as below and the strain region corresponding to the ultimate strain  $\gamma_L$  at 0 compressive stress.

Rubber material X0.3R:  $\sigma_L = 40$  (if  $S_2 \geq 5.0$ )  $\sigma_L = 40 + 10 (S_2 - 5)$  ( $5.0 > S_2 \geq 3.0$ )

$\gamma_L$  is defined as minimum value among  $\lceil 400\% \rceil, \lceil S_2 \times 0.9 \times 100\% \rceil, \lceil [5.80 \times S_2 + 7.10] / [S_2 + 3.45] \times 100\% \rceil$

Rubber material X0.4S:  $\sigma_L = 45$  (if  $S_2 \geq 4.9$ )  $\sigma_L = 45 + 10 (S_2 - 5)$  (if  $4.9 > S_2 \geq 4.0$ )  $\sigma_L = 40 + 10 (S_2 - 5)$  (if  $4.0 > S_2 \geq 3.0$ )

$\gamma_L$  is defined as minimum value among  $\lceil 400\% \rceil, \lceil S_2 \times 0.9 \times 100\% \rceil, \lceil [5.80 \times S_2 + 9.05] / [S_2 + 4.49] \times 100\% \rceil$

Rubber material X0.6R:  $\sigma_L = 60$  (if  $S_2 \geq 4.9$ )  $\sigma_L = 48 + 14 (S_2 - 4)$  (if  $4.9 > S_2 \geq 4.0$ )

$\sigma_L = 24 + 24 (S_2 - 3)$  (if  $4.0 > S_2 \geq 3.5$ )  $\sigma_L = 22 + 28 (S_2 - 3)$  (if  $3.5 > S_2 \geq 3.0$ )

$\gamma_L$  is defined as minimum value among  $\lceil 400\% \rceil, \lceil S_2 \times 0.9 \times 100\% \rceil, \lceil [5.00 \times S_2 + 9.05] / [S_2 + 4.49] \times 100\% \rceil$

Specification of flange (edge thickness / center thickness)

Outer diameter of rubber bearing (φ)*1	(600)	(650)	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300
Standard thickness	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	26/36	26/36	26/36	30/38	32/40	32/40
Special thickness (option)	(26/32)	(26/32)	26/32	30/36	32/40	32/40	37/45	37/45	42/50	42/50	42/50	42/50

\*1 For adoption of special thickness in regard to those sizes that stated in the ( ), delivery time will be longer due to mold preparation.

\*2 For φ1400 and above, assembled type flange will be used.

\*3 Compared to the standard specification, total height & weight of product for special thickness will be changed.

MVBR-0514/MVBR-0520 (X0.6R)

Note: There are 2 certification numbers due to difference of some manufacturing process.  
Please refer to "Precautions" in page 6 for the certificate number that used for design document.

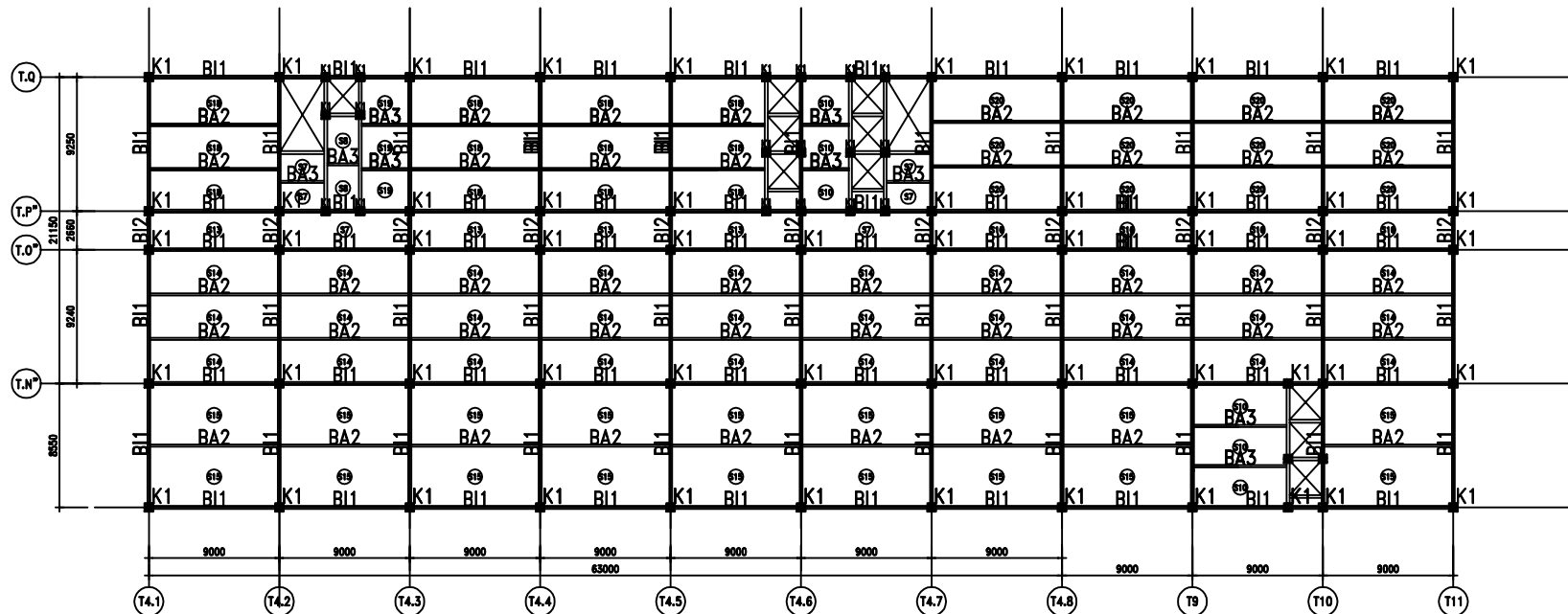
●HH Series (Total Rubber Thickness 20cm)

Code

Compound name	Rubber code	Shear modulus (N/mm <sup>2</sup> )	Equivalent damping ratio
XGR	X0.6R	0.620	0.240

Characteristics		HH0506R	HH0656R	HH0706R	HH0756R	HH0806R	HH0856R	HH0906R	HH0956R	HH1006R	HH1106R	HH1206R	HH1306R	HH1406R	HH1506R	HH1606R
Physical Dimensions	Outer diameter [mm]	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
	Inner diameter [mm]	15	15	15	15	20	20	20	20	25	55	55	55	65	65	80
	Effective plane area (×10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> )	2826	3317	3847	4416	5023	5671	6359	7085	7849	9480	11286	13249	15361	17638	20056
	Thickness of one rubber layer [mm]	4.0	4.4	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0	6.4	6.7	7.4	8.0	8.7	9.5	10.0	10.4
	Number of rubber layers [-]	50	45	43	40	37	35	33	31	30	27	25	23	21	20	19
	Total rubber thickness [mm]	200	198	202	200	200	200	198	198	201	200	200	200	200	200	198
	First shape factor [-]	36.6	36.1	36.4	36.8	36.1	36.4	36.7	36.3	36.4	35.3	35.8	35.8	35.1	35.9	36.5
	Second shape factor [-]	3.00	3.28	3.46	3.75	4.00	4.26	4.55	4.79	4.88	5.51	6.00	6.50	7.02	7.50	8.10
	Diameter of flange [mm]	900	950	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
	Thickness of flange*1 (edge/center) [mm]	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	26/36	26/36	28/36	30/38	32/40	32/40	37/45	42/50	50/110
	Connecting bolt PCD [mm]	775	825	875	950	1000	1050	1100	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1800
	Diameter of connecting bolt hole × qty [mm]	φ33×12	φ33×12	φ35×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ33×12	φ39×12	φ39×12	φ39×12	φ42×12	φ42×16	φ45×12
	Bolt size (assumption) [-]	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M30	M36	M36	M36	M36	M39	M39	M42
	Thickness of each reinforced steel plate [mm]	3.1	3.1	3.1	3.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	5.8	5.8	5.8
Compression Properties	Total height [mm]	407.9	390.4	388.3	376.9	422.2	413.1	410.8	402.4	400.6	390.2	385.6	376.9	405.5	410.2	522.0
	Total weight [tonf]	0.66	0.72	0.80	0.90	1.21	1.31	1.49	1.59	1.77	2.05	2.38	2.65	3.46	4.05	6.64
	Total weight [kN]	6.5	7.0	7.9	8.9	11.9	12.9	14.6	15.6	17.3	20.1	23.3	26.0	33.9	39.7	65.1
	Critical stress (N/mm <sup>2</sup> ) $\sigma_c$ when $\gamma = 0$	43	52	58	69	78	89	102	113	122	136	148	160	173	185	200
	Ultimate compressive stress (N/mm <sup>2</sup> ) $\gamma_{1/2}, \sigma_{1/2}$	$(\gamma_{1/2}, \sigma_{1/2})$	(0.22)	(0.30)	(0.35)	(0.42)	(0.48)	(0.52)	(0.56)	(0.59)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)
		(1.5, 22)	(1.4, 30)	(1.4, 35)	(1.5, 42)	(1.6, 48)	(1.8, 52)	(2.1, 56)	(2.3, 59)	(2.5, 60)	(3.1, 60)	(3.6, 60)	(3.8, 60)	(3.8, 60)	(3.9, 60)	(3.9, 60)
		(2.7, 4)	(3.0, 5)	(3.1, 6)	(3.4, 7)	(3.4, 11)	(3.5, 17)	(3.5, 23)	(3.6, 29)	(3.6, 34)	(3.7, 46)	(3.7, 56)	-	-	-	-
	Compressive stiffness (×10 <sup>3</sup> kN/m)	1970	2340	2660	3090	3510	3970	4490	4980	5450	6590	7860	9220	10700	12300	14200
	Nominal long term compressive stress [N/mm <sup>2</sup> ]	6.6	8.1	9.1	10.7	12.0	13.4	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	Nominal long term column load [kN]	1860	2690	3500	4710	6050	7620	9540	10600	11800	14200	16900	19900	23000	26500	30100
	Allowable tensile stress ( $\gamma = 100\%$ ) [N/mm <sup>2</sup> ]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Shear Properties ( $\gamma = 100\%$ )	Initial stiffness (×10 <sup>3</sup> kN/m)	5.19	6.15	6.99	8.10	9.23	10.4	11.8	13.1	14.3	17.4	20.7	24.3	28.3	32.4	37.3
	Post yield stiffness ( $\gamma = 100\%$ ) (×10 <sup>3</sup> kN/m)	0.519	0.615	0.699	0.810	0.923	1.04	1.18	1.31	1.43	1.74	2.07	2.43	2.83	3.24	3.73
	Characteristic Strength [kN]	71.5	83.9	97.3	112	127	143	161	179	199	240	285	335	389	446	507
	Equivalent shear stiffness (×10 <sup>3</sup> kN/m)	0.876	1.04	1.18	1.37	1.56	1.76	1.99	2.21	2.42	2.94	3.50	4.11	4.77	5.47	6.29
	Equivalent damping ratio [-]	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240

\*1 Special thickness for flange is available. Please refer to the table above for more details.



## GROUND FLOOR

SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

### TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

### DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

### NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

### PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

### KETERANGAN

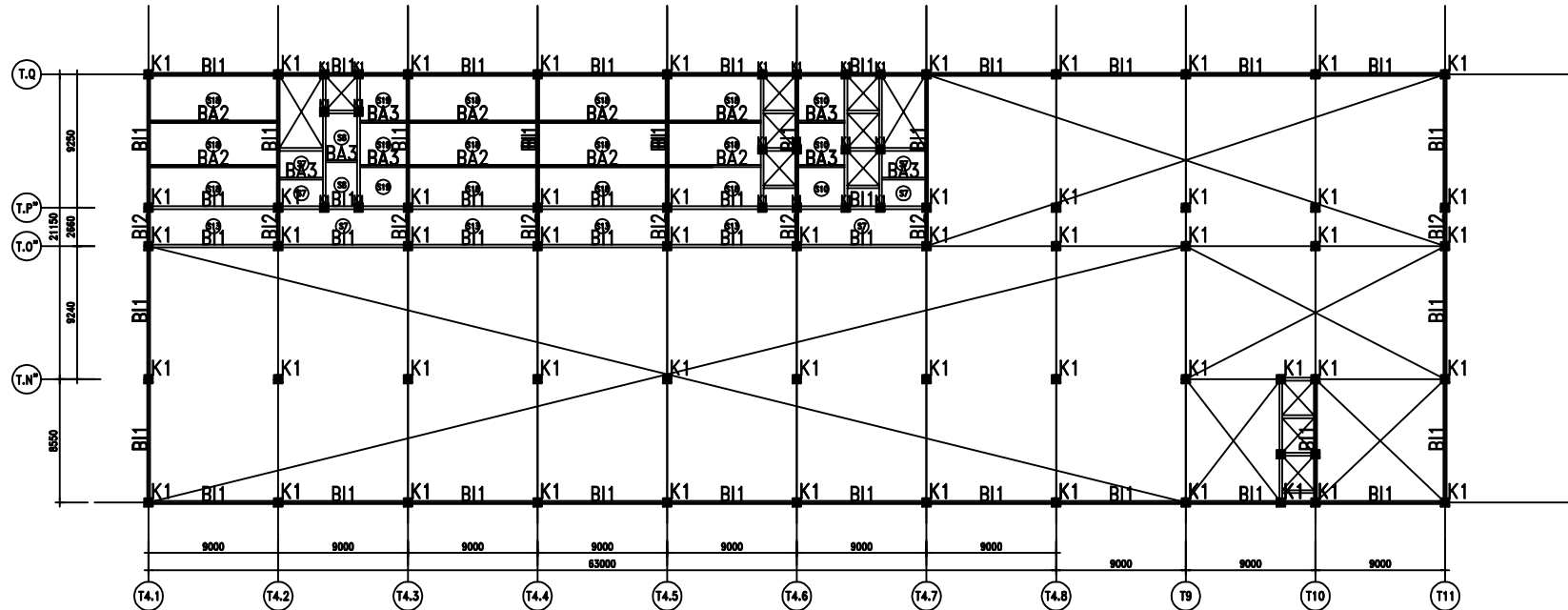
K1 = CFT 1200x1200x50  
BI1 = WF 700x300x13x24  
BI2 = WF 500x200x9x14  
BA2 = WF 500x300x11x18  
BA3 = WF 350x250x9x14

### NO.GBR

1

### JML.GBR

28



## MEZZANINE

SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

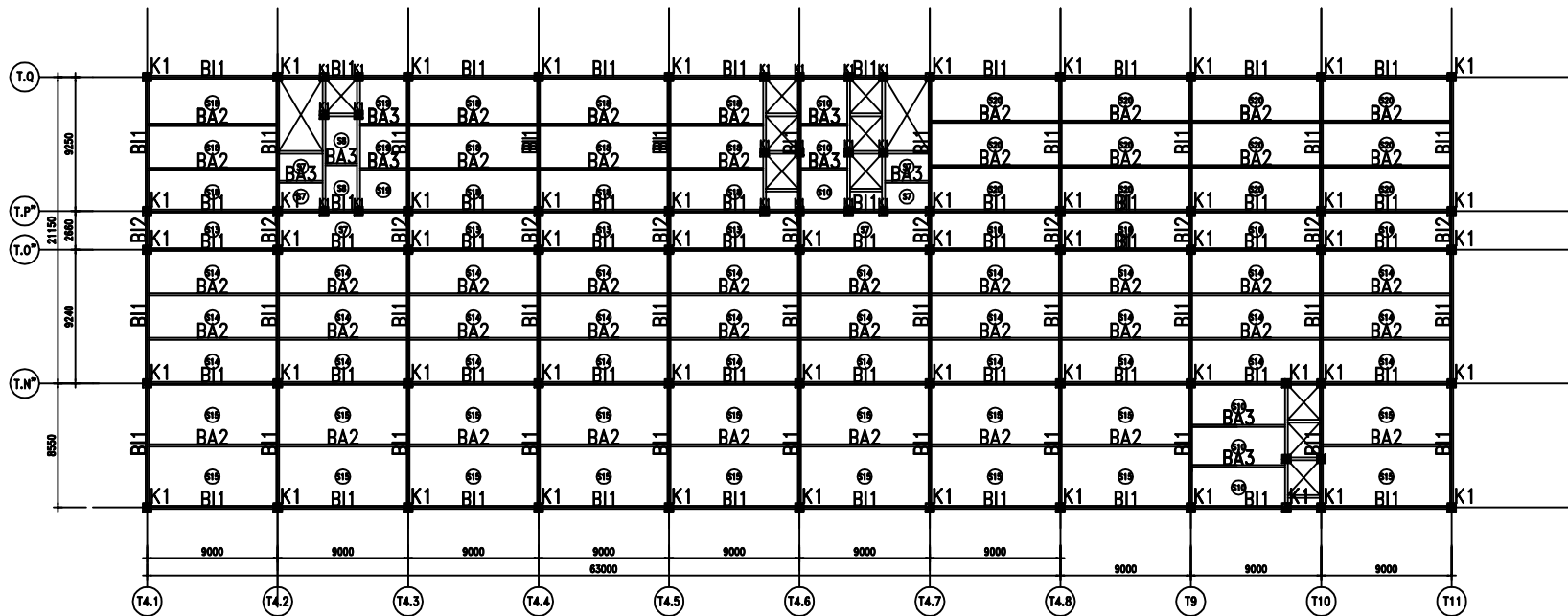
K1 = CFT 1200x1200x50 BA2 = WF 500x300x11x18  
BI1 = WF 700x300x13x24 BA3 = WF 350x250x9x14  
BI2 = WF 500x200x9x14

NO.GBR

2

JML.GBR

28



## 1ST - 3RD FLOOR

SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

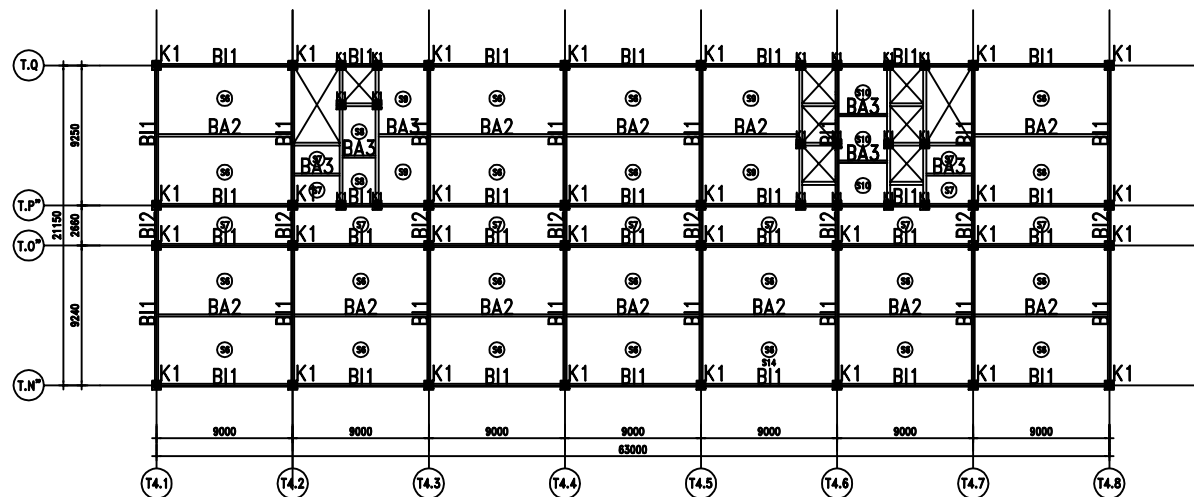
K1 = CFT 1200x1200x50 BA2 = WF 500x300x11x18  
B11 = WF 700x300x13x24 BA3 = WF 350x250x9x14  
B12 = WF 500x200x9x14

NO.GBR

3

JML.GBR

28



## 4TH - 6TH FLOOR

SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

K1 = CFT 1200x1200x50 BA2 = WF 500x300x11x18  
BI1 = WF 700x300x13x24 BA3 = WF 350x250x9x14  
BI2 = WF 500x200x9x14

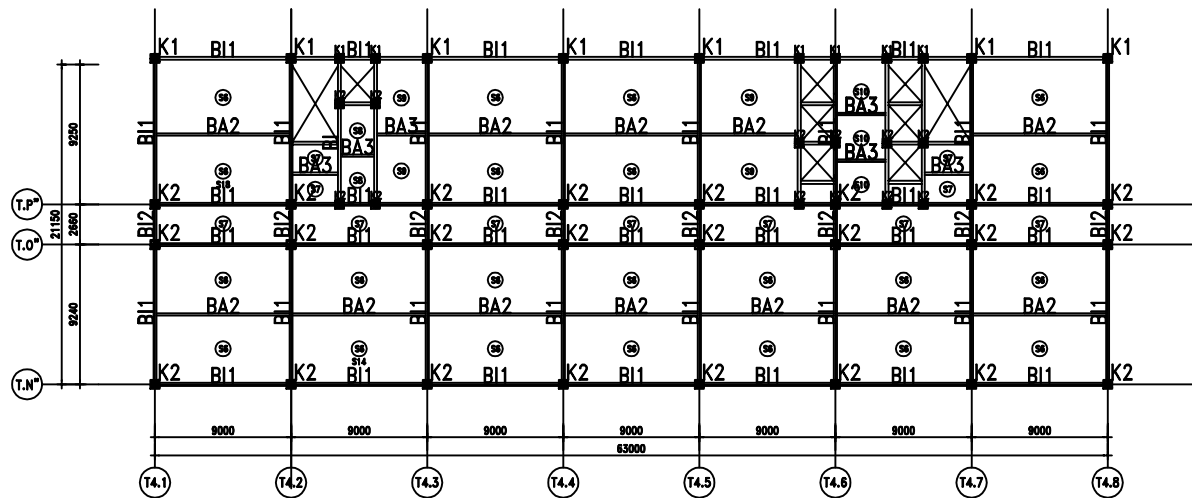
NO.GBR

4

JML.GBR

28





## 7TH - 15TH FLOOR

SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

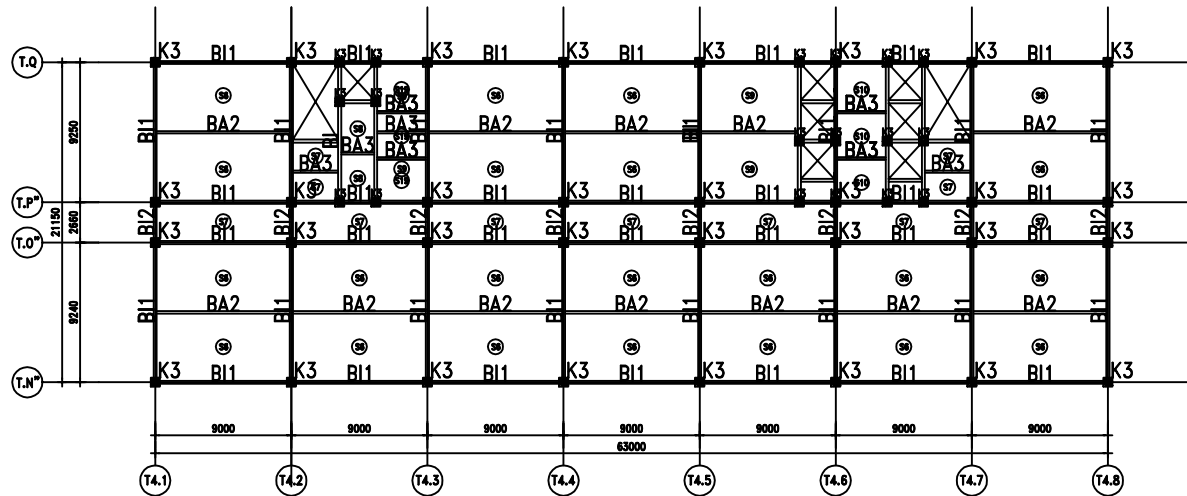
K2 = CFT 800x800x32 BA2 = WF 500x300x11x18  
BI1 = WF 700x300x13x24 BA3 = WF 350x250x9x14  
BI2 = WF 500x200x9x14

NO.GBR

5

JML.GBR

28



**16TH - 26TH FLOOR**  
SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

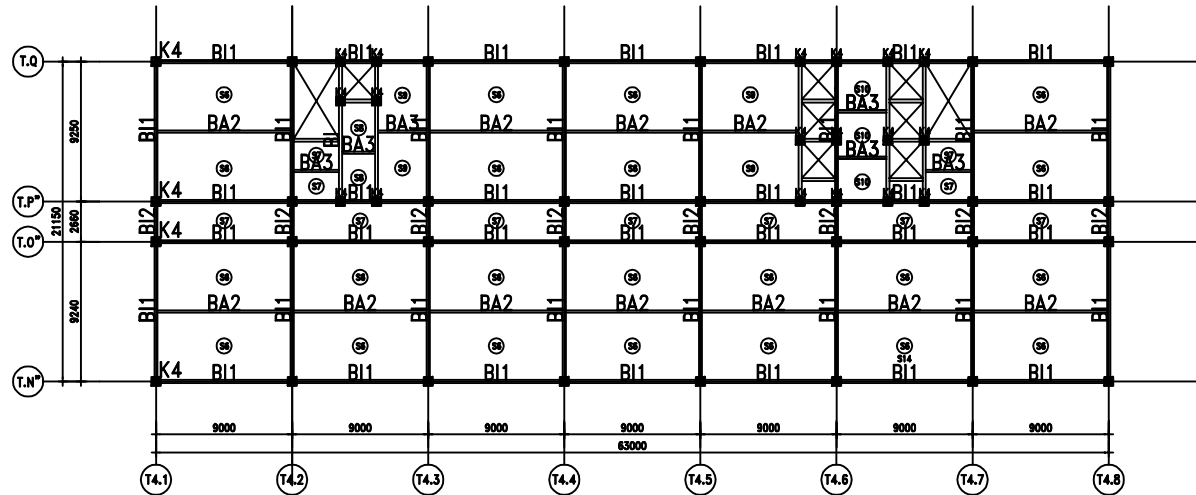
K3 = CFT 650x650x25 BA2 = WF 500x300x11x18  
BI1 = WF 700x300x13x24 BA3 = WF 350x250x9x14  
BI2 = WF 500x200x9x14

NO.GBR

6

JML.GBR

28



**27TH - 30TH FLOOR**  
SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

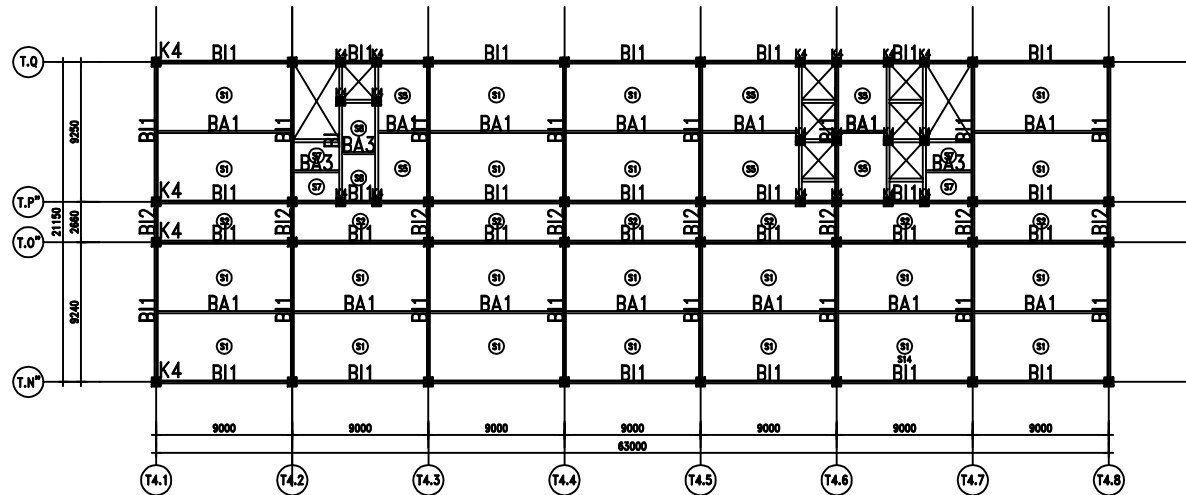
K4 = CFT 400x400x25      BA2 = WF 500x300x11x18  
BI1 = WF 700x300x13x24      BA3 = WF 350x250x9x14  
BI2 = WF 500x200x9x14

NO.GBR

7

JML.GBR

28



**ROOF FLOOR**  
SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

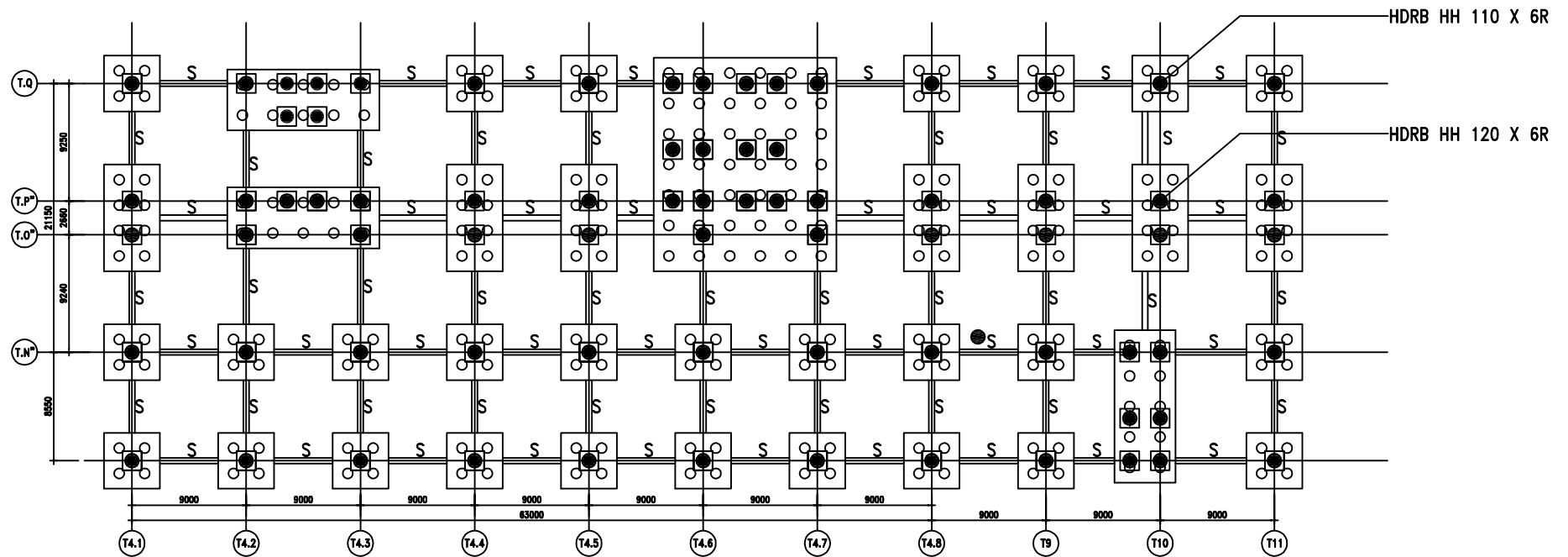
K4 = CFT 400x400x25      BA1 = WF 400x300x9x14  
BI1 = WF 700x300x13x24      BA3 = WF 350x250x9x14  
BI2 = WF 500x200x9x14

NO.GBR

8

JML.GBR

28



**DENAH BASE ISOLATOR**  
SKALA 1:500



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000010

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

HDRB = HIGH DAMPING RUBBER BEARING

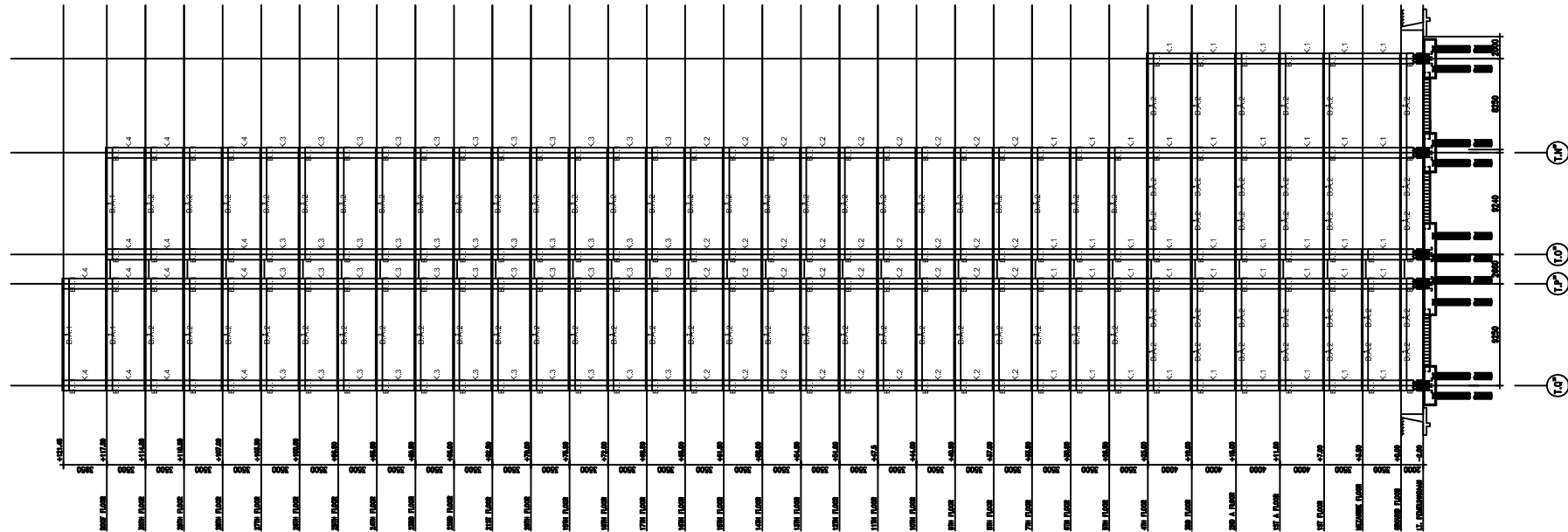
NO.GBR

9

JML.GBR

28





**POTONGAN PORTAL T4.3**  
SKALA 1:600



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDBR)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

K1 = CFT 1200x1200x50 BA1 = WF 400x300x9x14  
K2 = CFT 800x800x32 BA2 = WF 500x300x11x18  
K3 = CFT 650x650x25 BA3 = WF 350x250x9x14  
K4 = CFT 400x400x25 BA1 = WF 700x300x13x14

NO.GBR

11a

JML.GBR

28



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAK-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

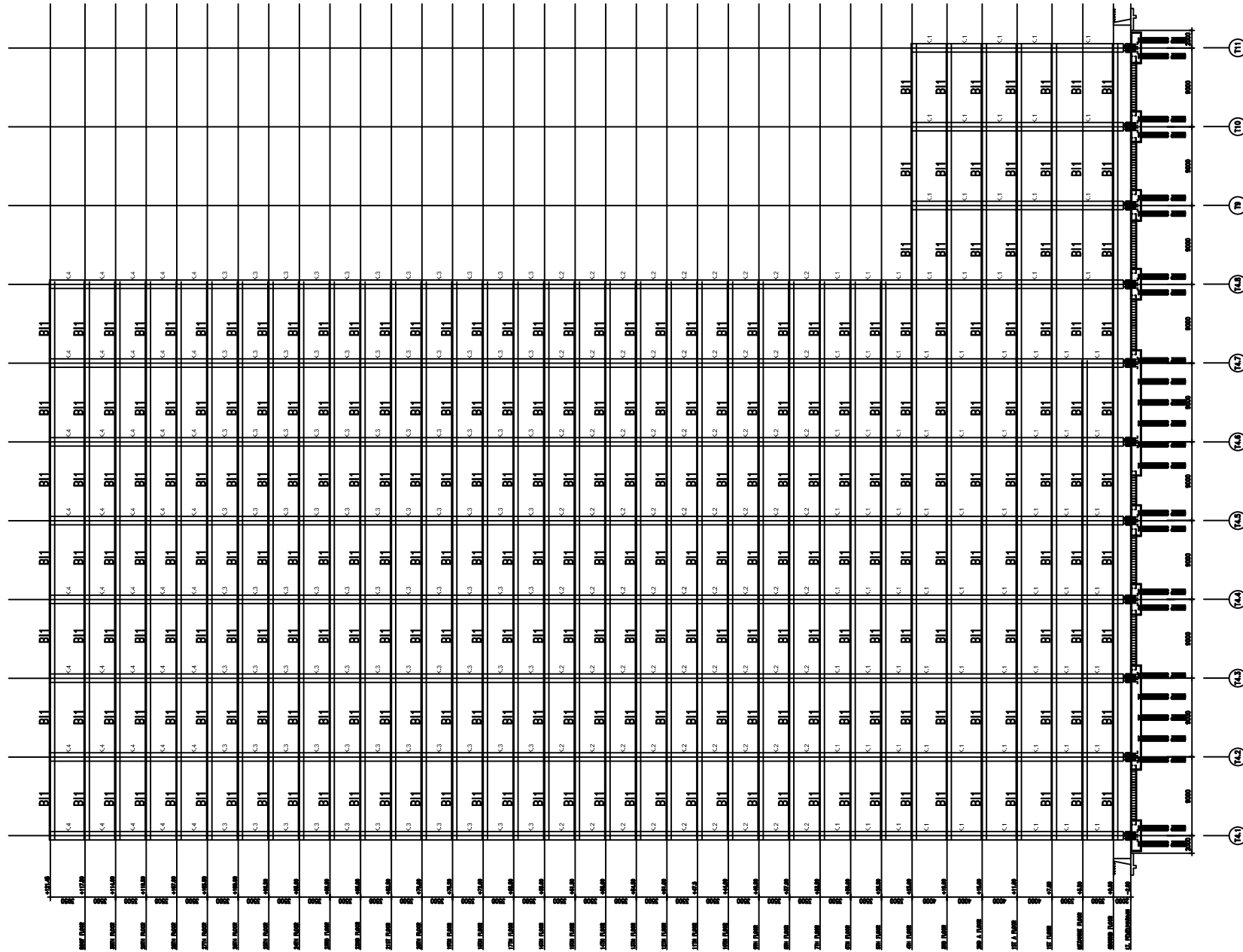
K1 = CFT 1200X1200X50 K3 = CFT 650X650X25  
K2 = CFT 800X800X32 K4 = CFT 400X400X25  
B11 = WF 700X300X13X14

NO.GBR

11b

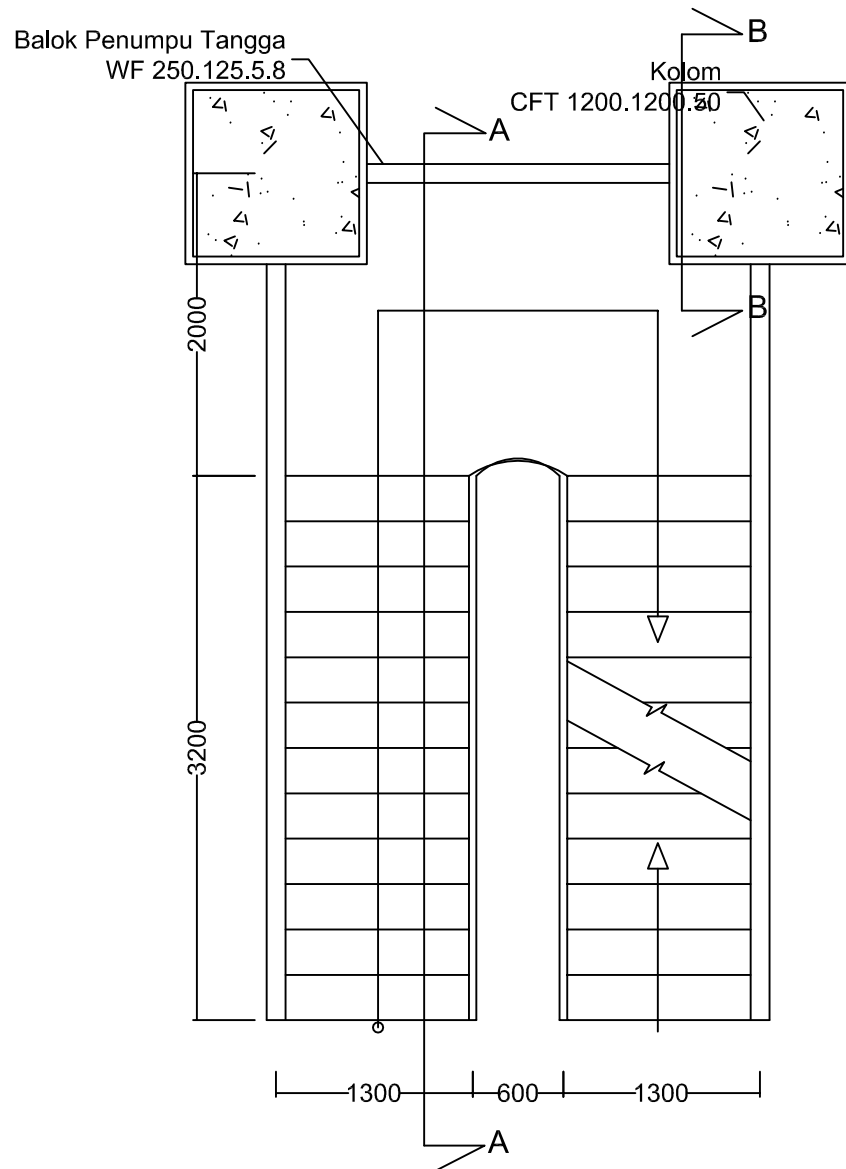
JML.GBR

28



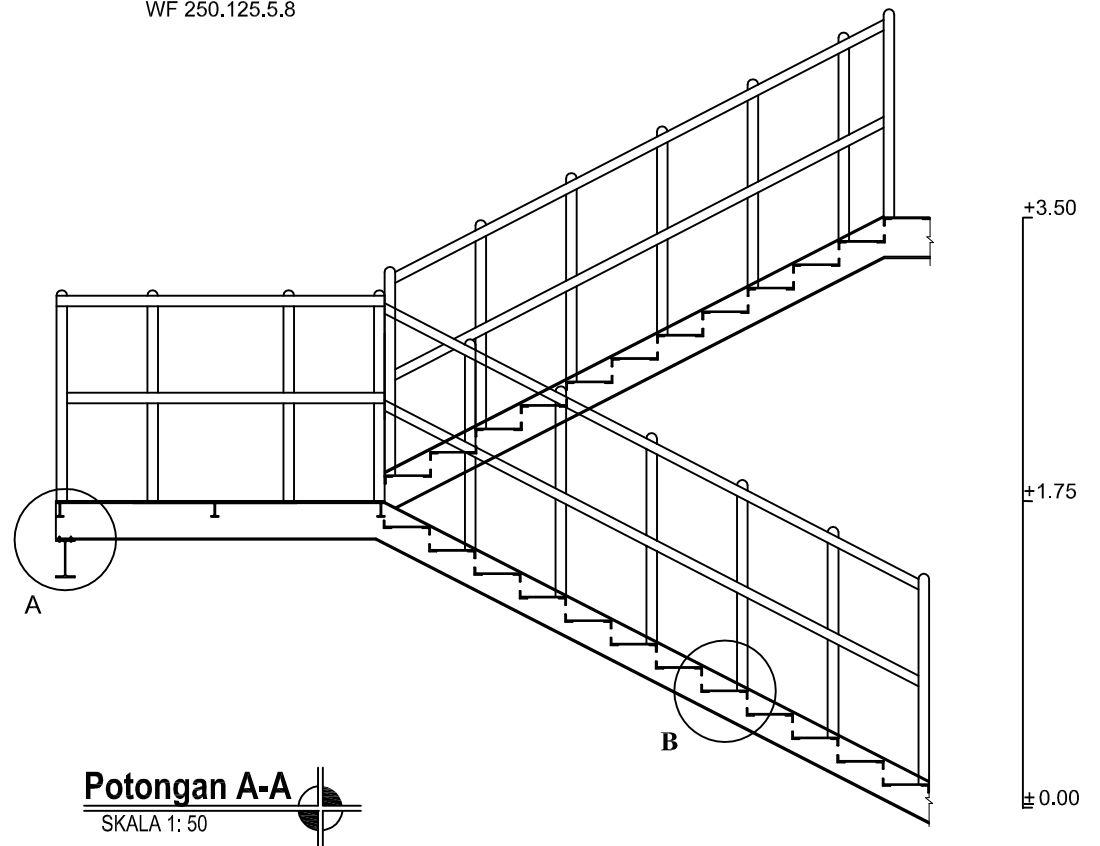
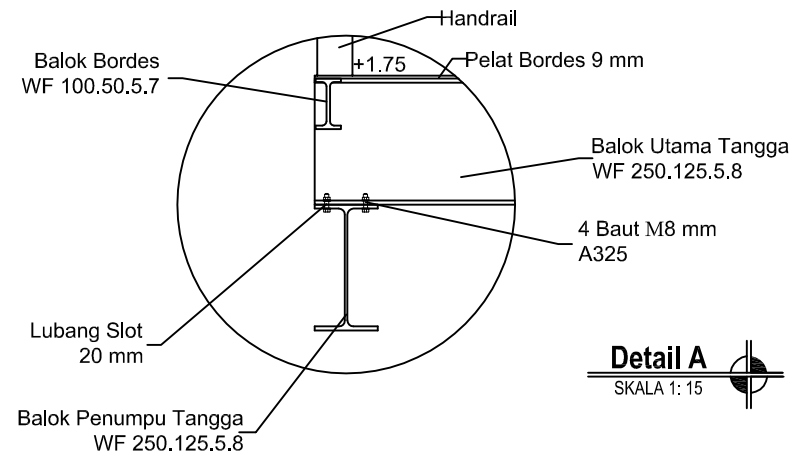
POTONGAN PORTAL T.O"  
SKALA 1:650





**Pembalokan Tangga**

SKALA 1: 50



**Potongan A-A**

SKALA 1: 50



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA  
Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK  
APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

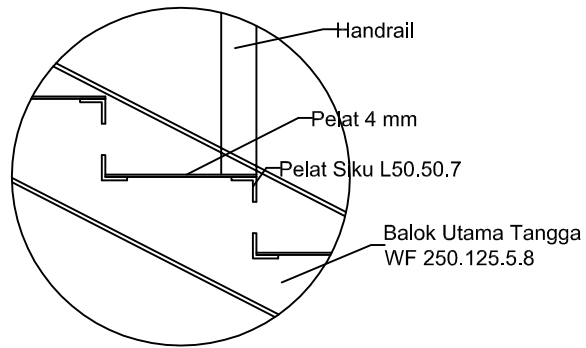
KETERANGAN

NO.GBR

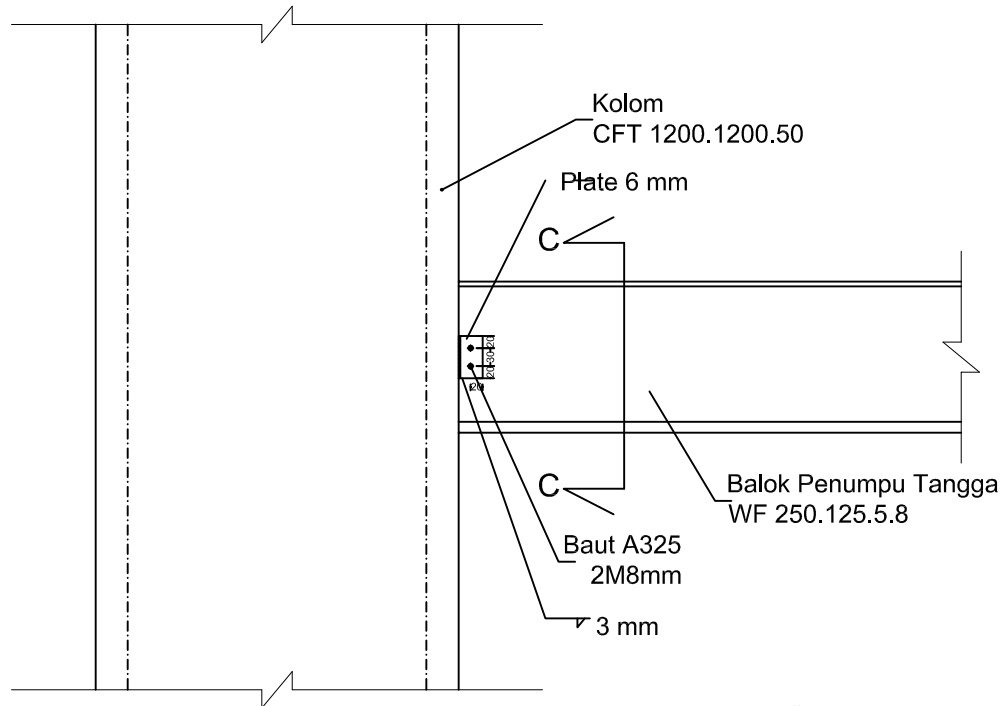
JML.GBR

12

28



**Detail B**  
SKALA 1: 15



**Potongan B-B**  
SKALA 1: 50

Balok Penumpu Tangga  
WF 250.125.5.8

Kolom  
CFT 1200.1200.50

Baut A325  
2M8mm

3 mm

Pelat 6mm

**Potongan C-C**  
SKALA 1: 50



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA  
Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PRONOTEBAHAN  
APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

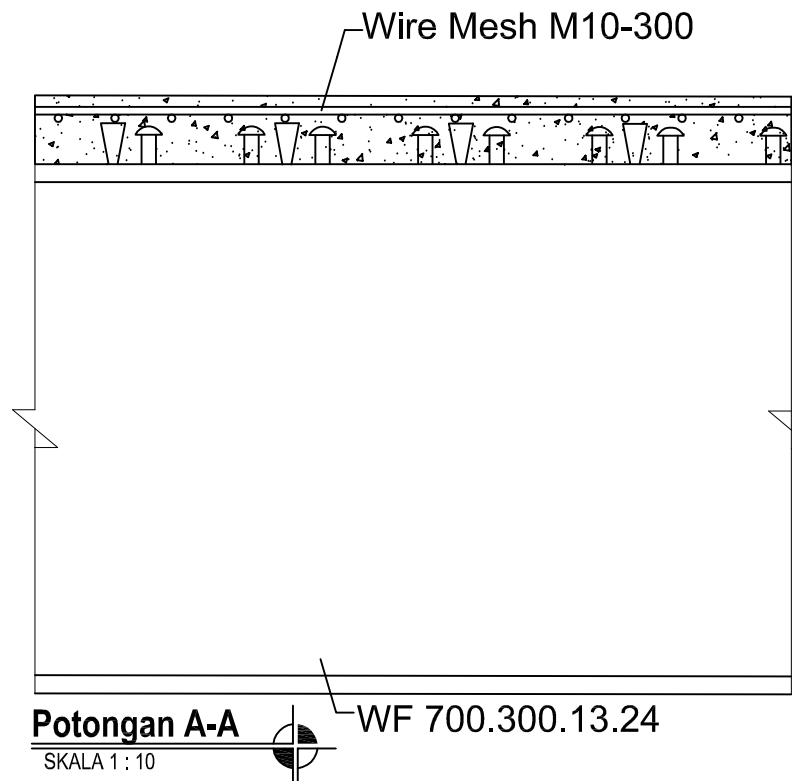
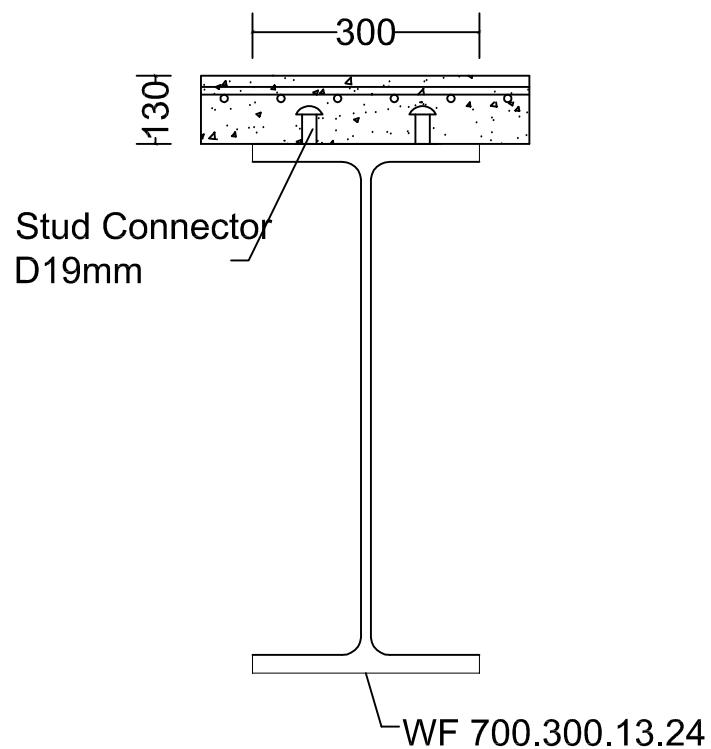
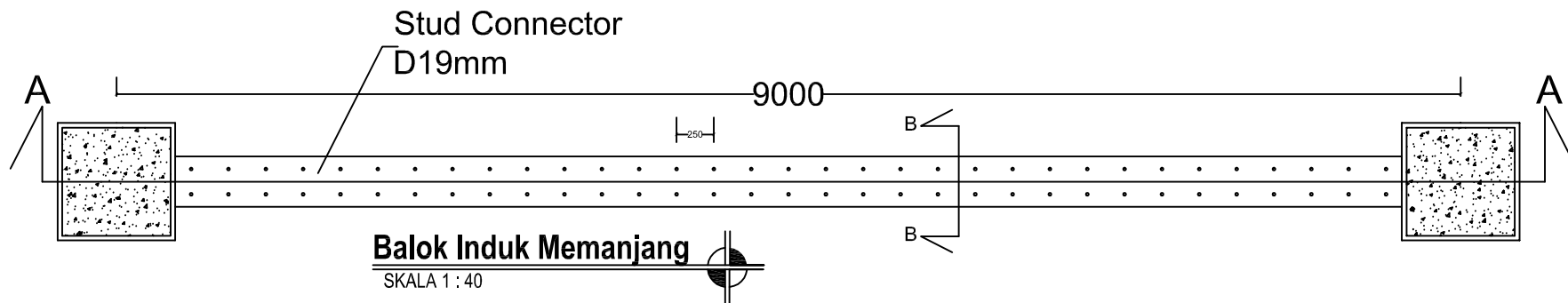
KETERANGAN

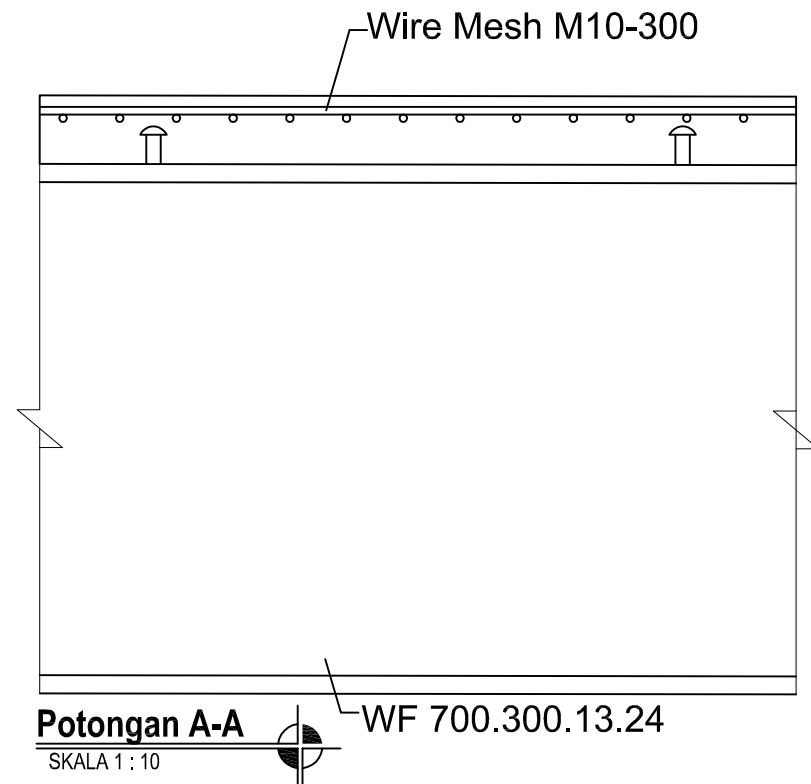
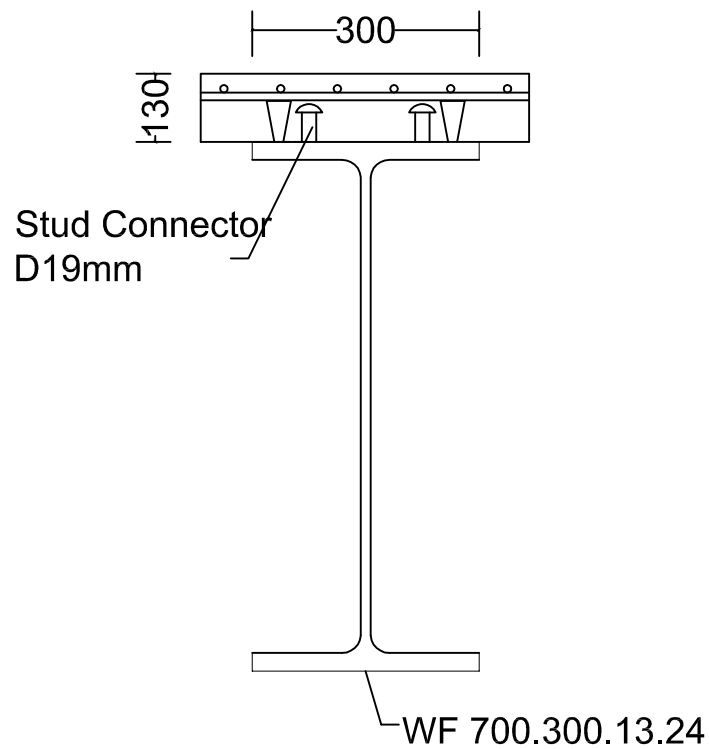
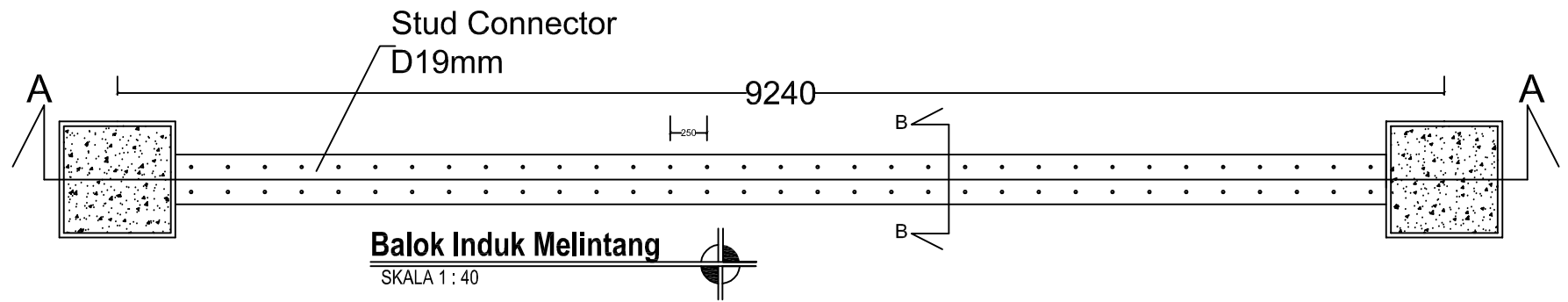
NO.GBR

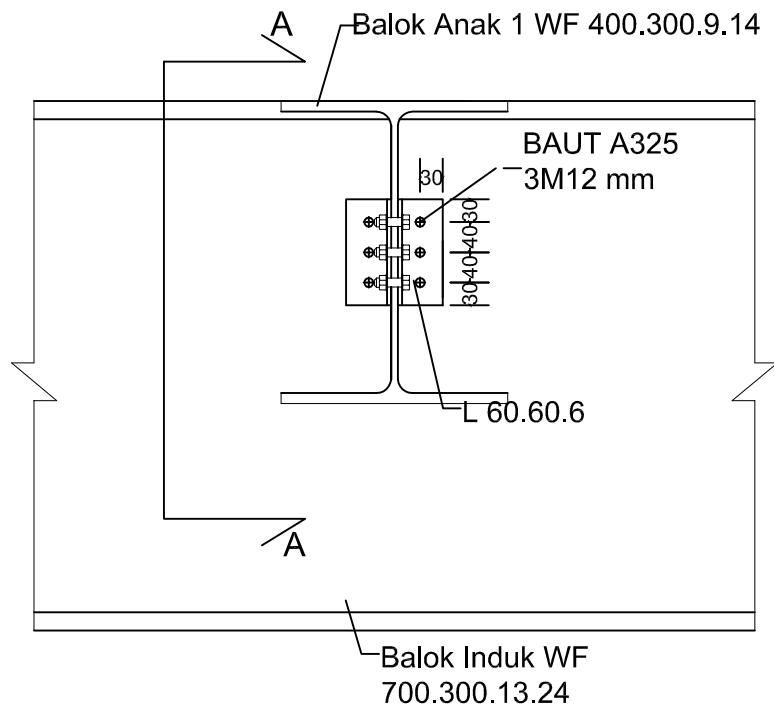
13

JML.GBR

28

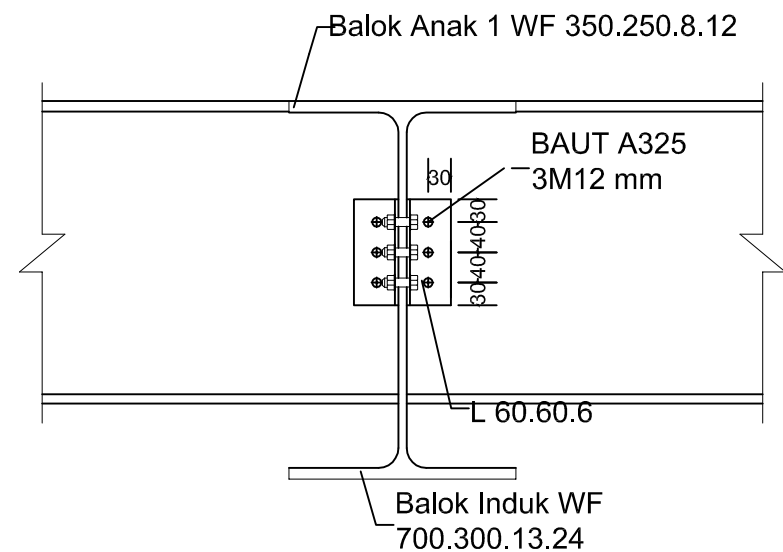






**Sambungan Balok Anak 1 ke Balok Induk**

SKALA 1 : 10



**Potongan A-A**

SKALA 1 : 10



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4  
AEON MIXED-USE SENTUL CITY KAB. BOGOR  
MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

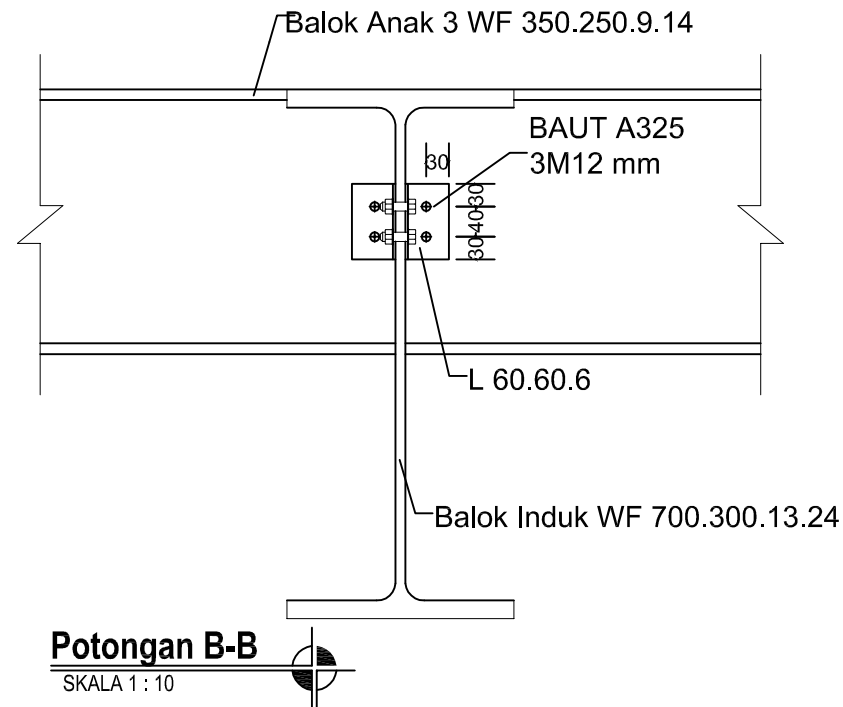
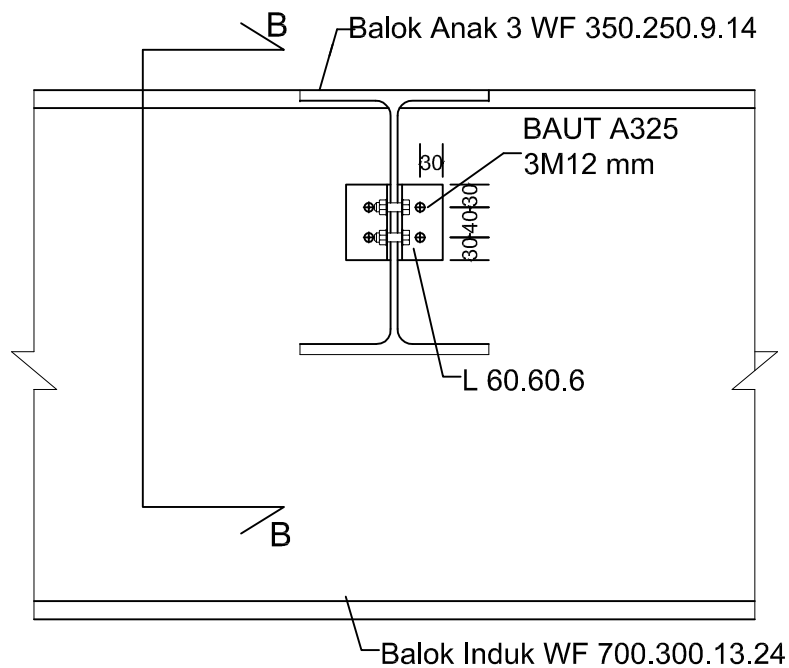
KETERANGAN

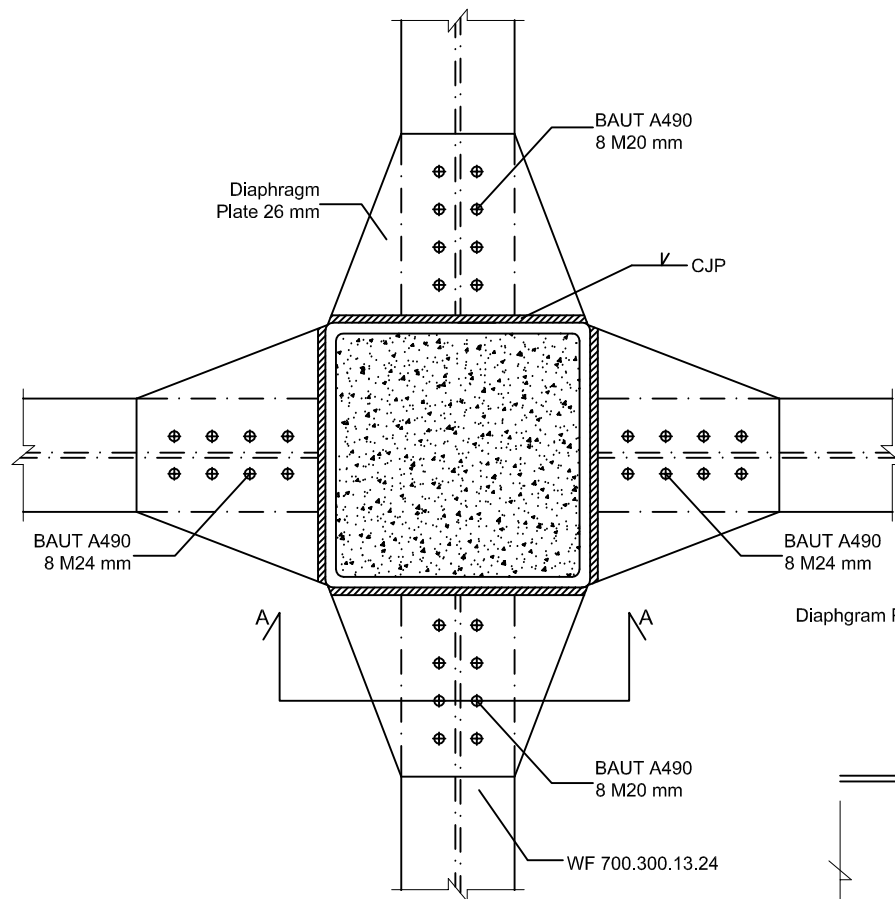
NO.GBR

16

JML.GBR

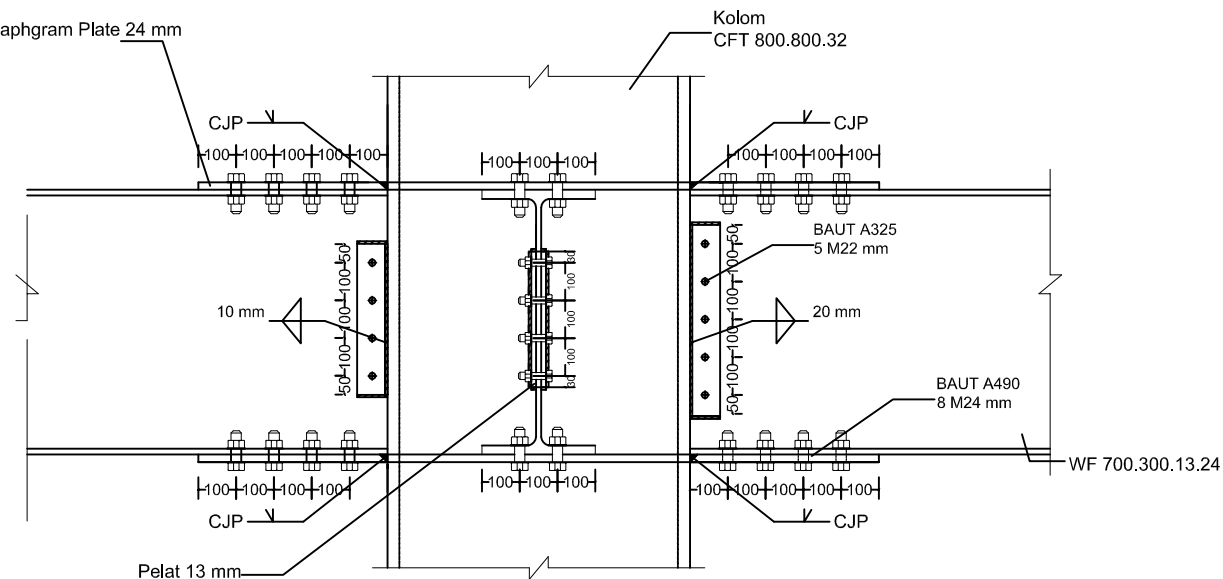
28





**Sambungan Balok Induk L = 8.55 m, L = 9 m, L = 9 m. Kolom HSS 800x800x32**

SKALA 1 : 20



**Potongan A-A**

SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4  
AEON MIXED-USE SENTUL CITY KAS. BOGOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR, HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

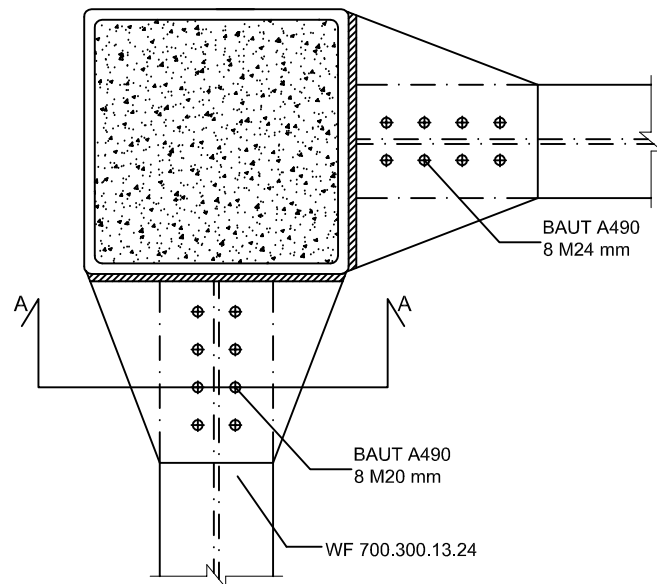
KETERANGAN

NO.GBR

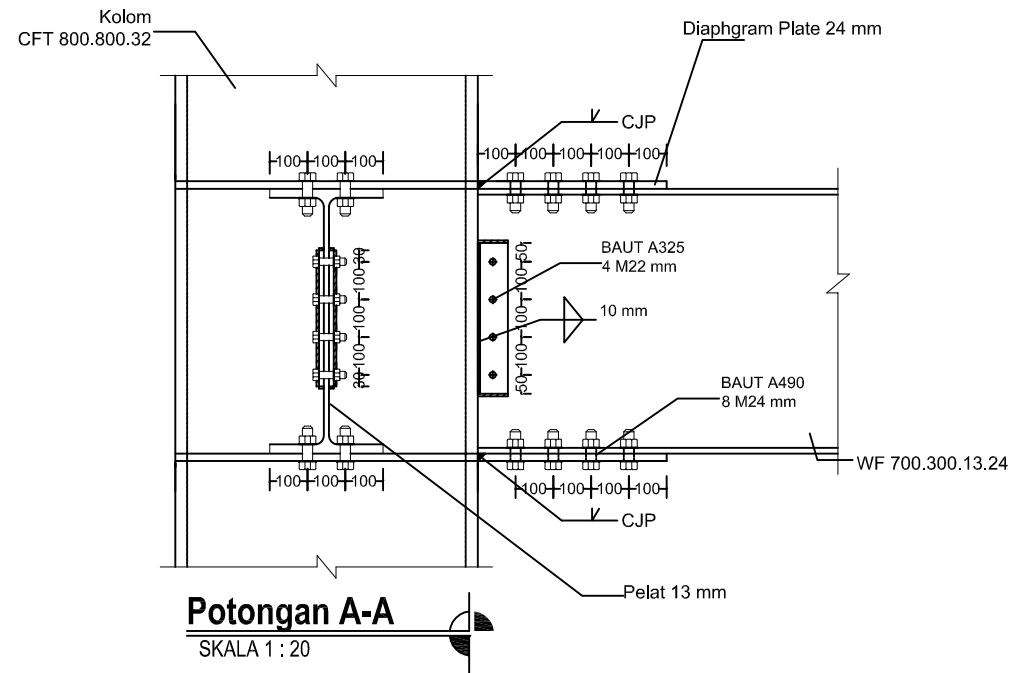
18

JML.GBR

28



**Sambungan Balok Induk L = 8.55 m, L = 9 m, L = 9 m, Kolom HSS 800x800x32**  
SKALA 1 : 20



**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4  
AEON MIXED-USE SENTUL CITY KAS. BOGOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR; HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

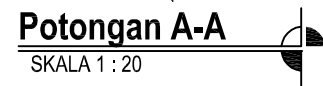
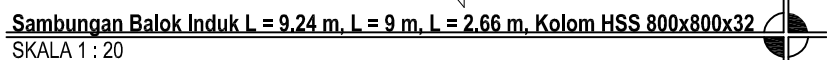
NO.GBR

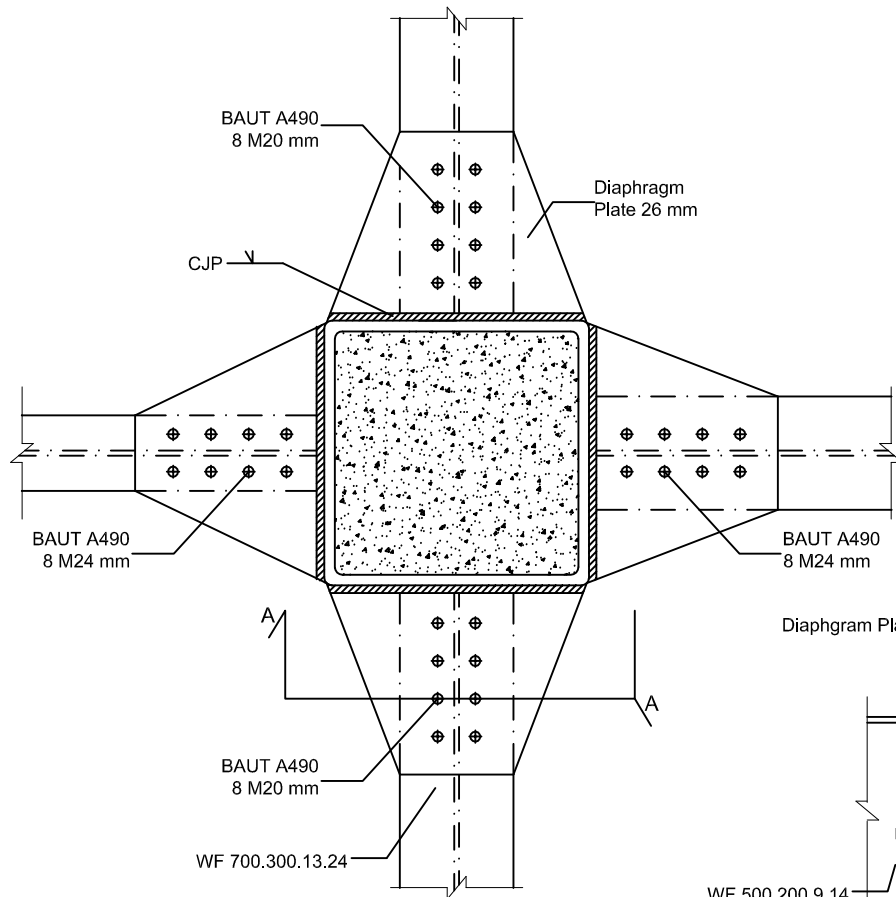
19

JML.GBR

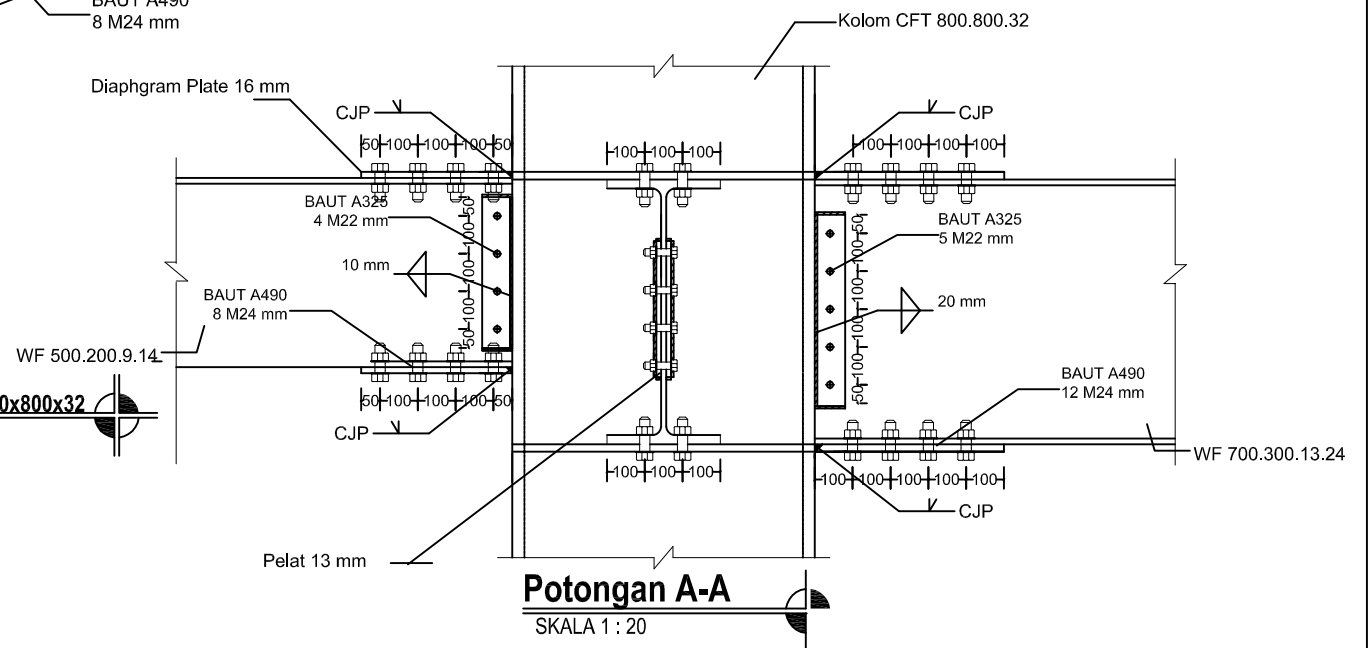
28

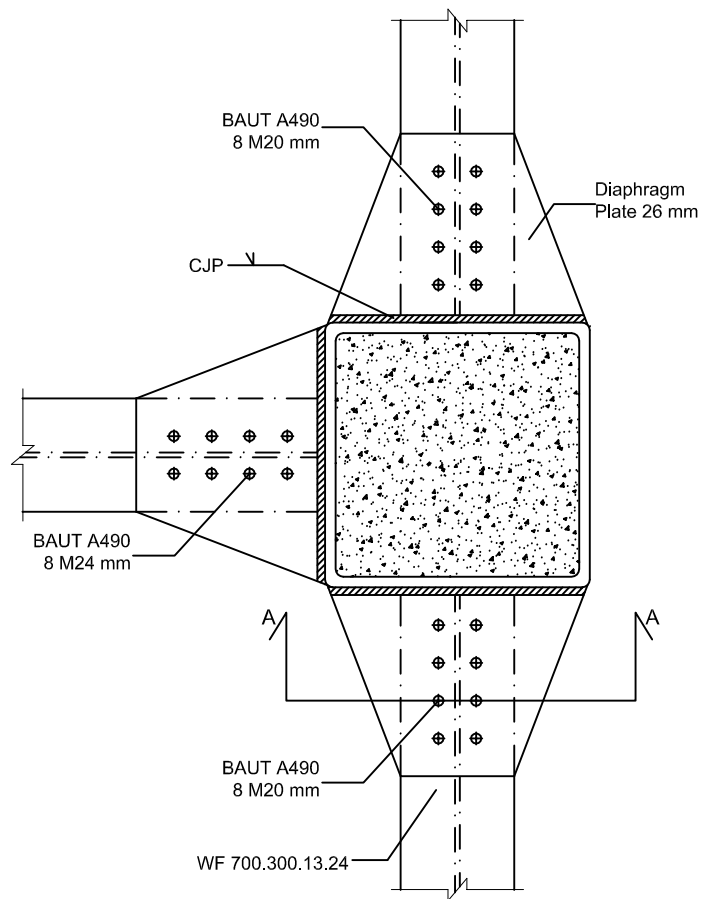




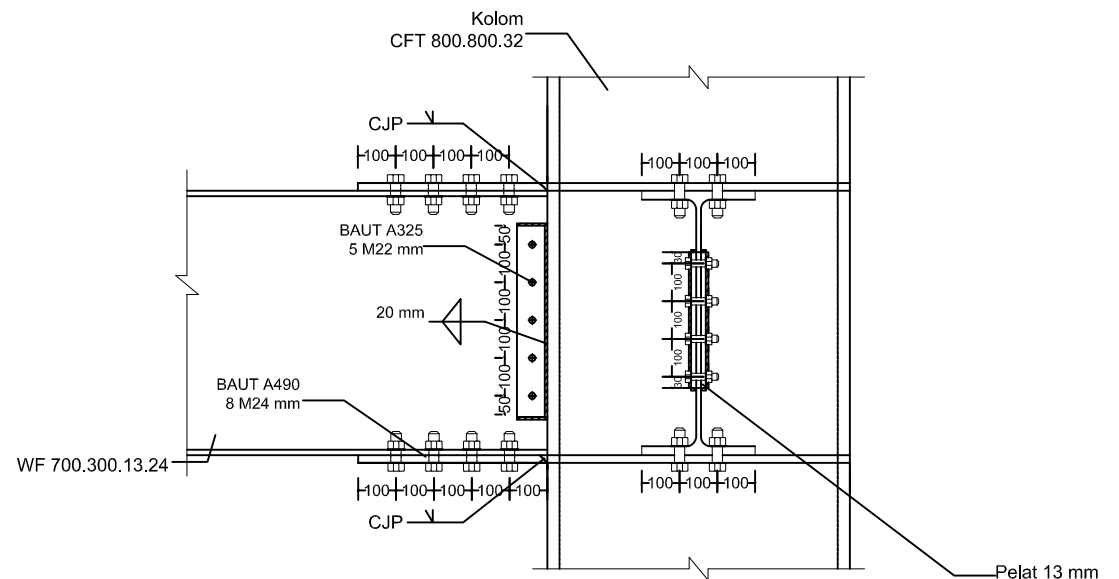


**Sambungan Balok Induk L = 9.25 m, L = 9 m, L = 2.66 m, Kolom HSS 800x800x32**  
SKALA 1 : 20





**Sambungan Balok Induk L = 9,25 m, L = 9 m, Kolom HSS 800x800x32**  
SKALA 1 : 20



**Potongan A-A**

SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4  
AEON MIXED-USE SENTUL CITY KAS. BOGOR  
MENGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR; HIGH DAMPING RUBBER  
BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

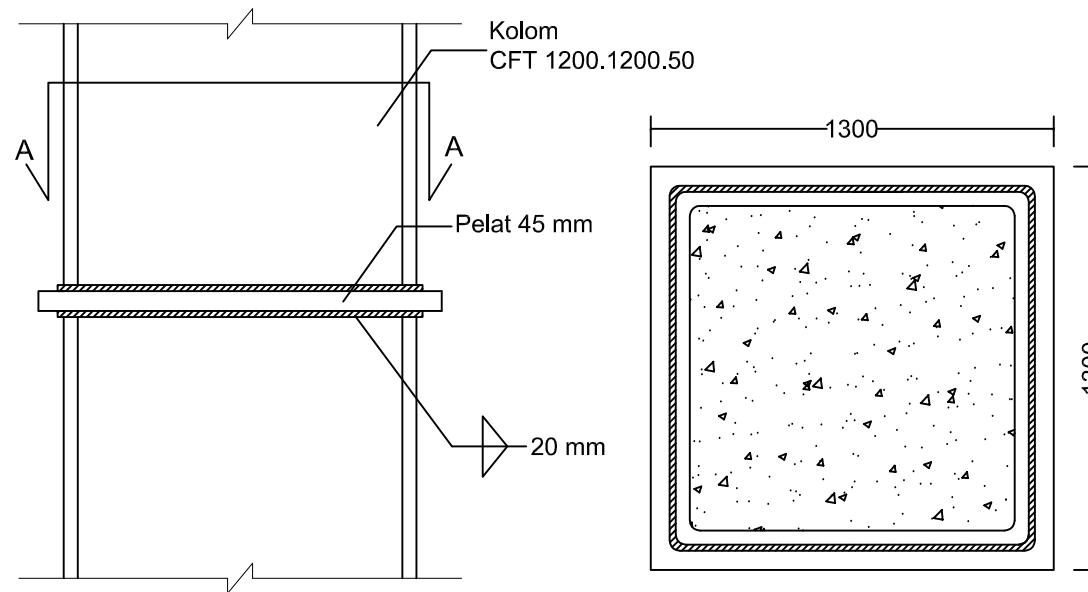
KETERANGAN

NO.GBR

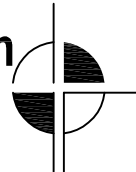
22

JML.GBR

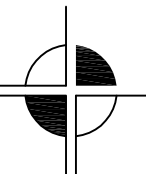
28

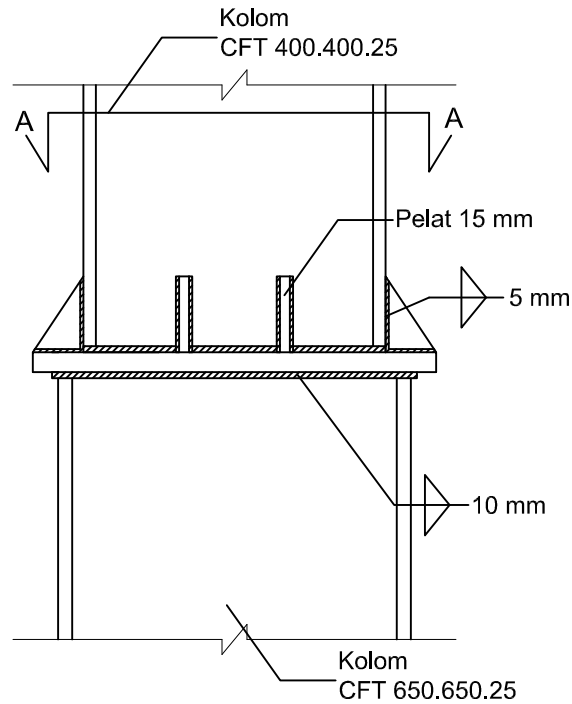


**Sambungan Antar Kolom**  
SKALA 1 : 15



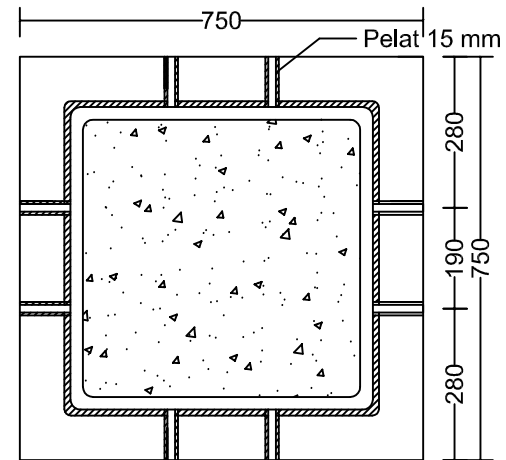
**Potongan A-A**  
SKALA 1 : 15





**Sambungan Antar Kolom**

SKALA 1 : 20



**Potongan A-A**

SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL  
CITY KAB. BOGOR MENGGUNAKAN  
STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON  
DENGAN BASE ISOLATOR: HIGH DAMPING  
RUBBER BEARING (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

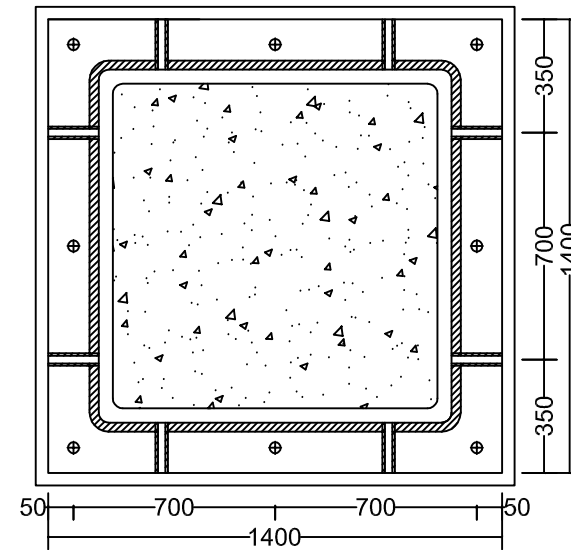
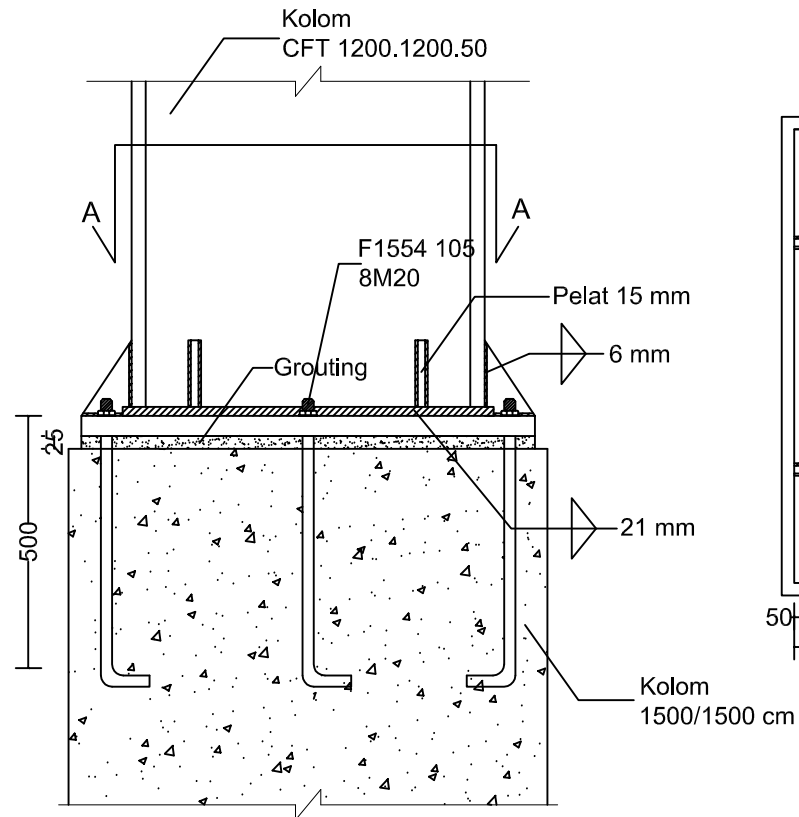
KETERANGAN


NO.GBR

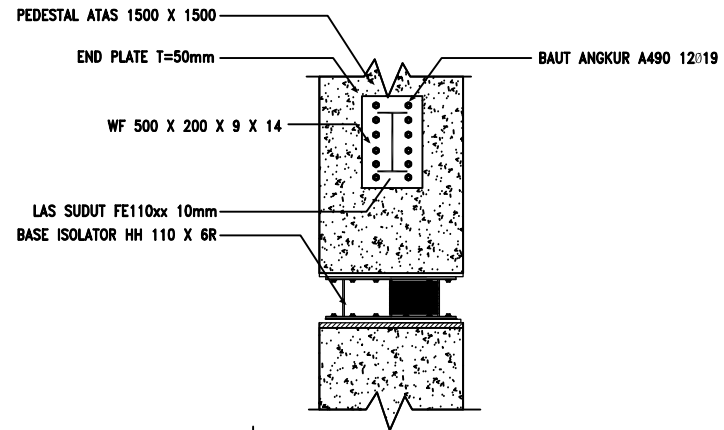
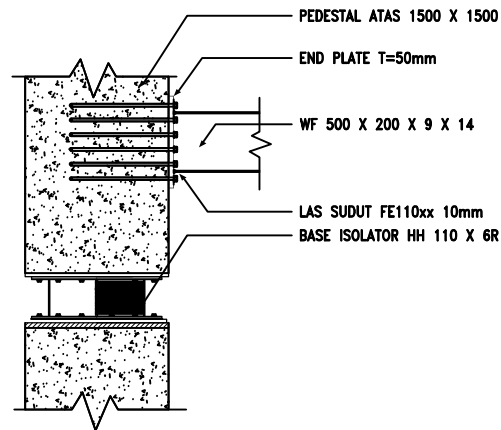
24

JML.GBR

28

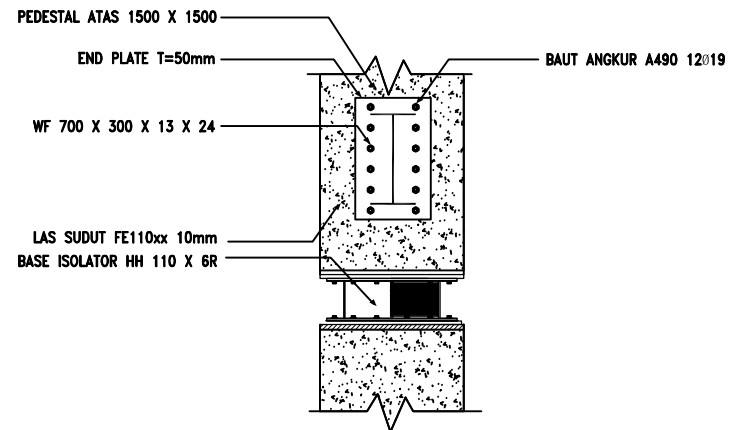
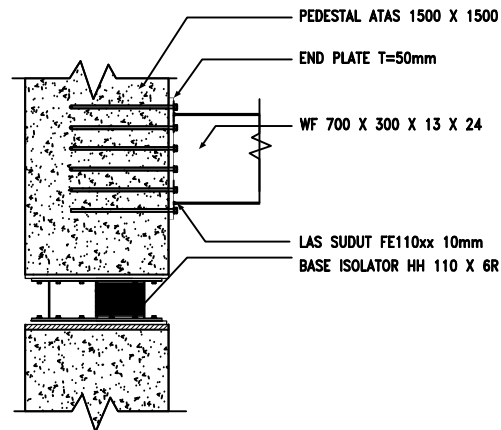


 <p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL</p>	TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA	PROYEK	KETERANGAN	NO.GBR	JML.GBR
	MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)	Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D. NIP. 195909111984031001	Ferry Allus NRP. 03111645000009	APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY		25	28



**Sambungan Balok Induk 2 dengan K. Pedestal**

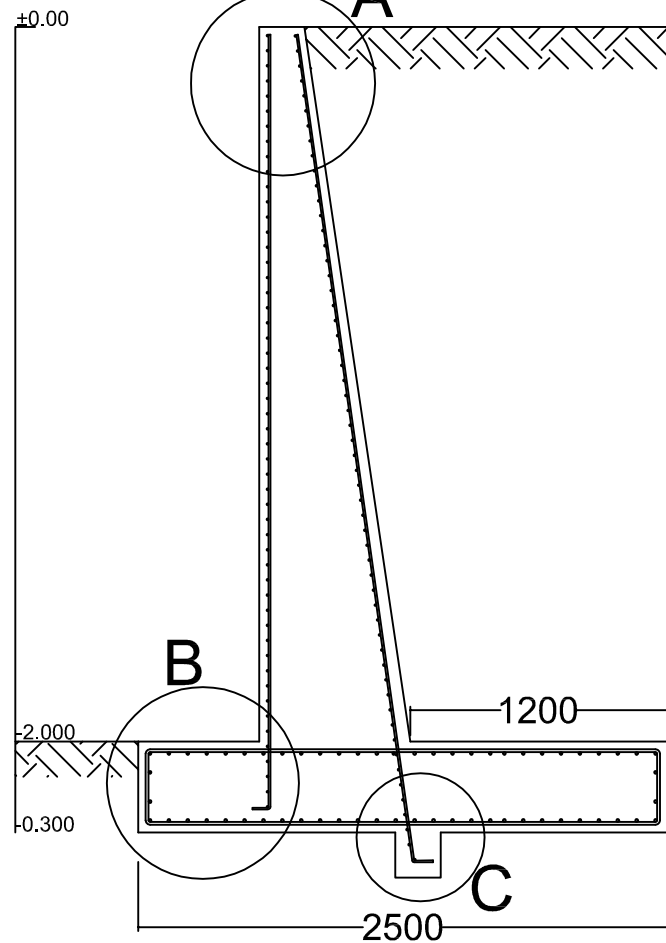
SKALA 1 : 50



**Sambungan Balok Induk 1 dengan K. Pedestal**

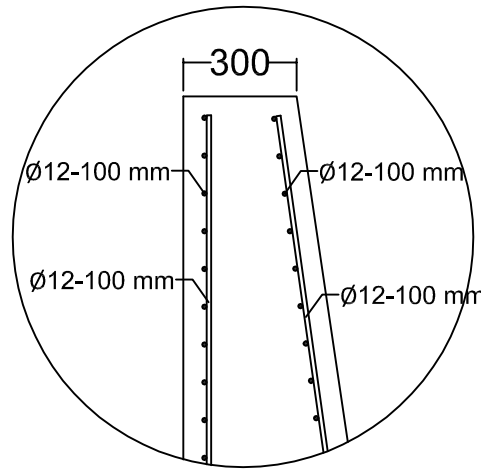
SKALA 1 : 50





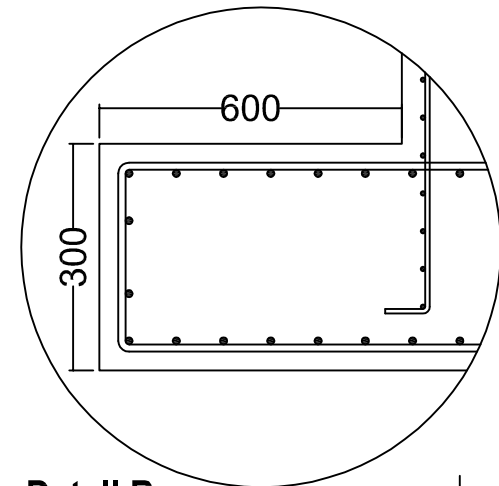
**Dinding Penahan Tanah**

SKALA 1 : 50



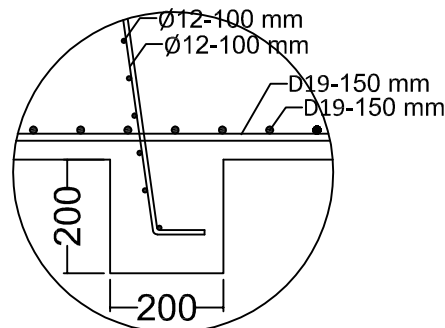
**Detail A**

SKALA 1 : 20



**Detail B**

SKALA 1 : 20



**Detail C**

SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA  
Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK  
APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

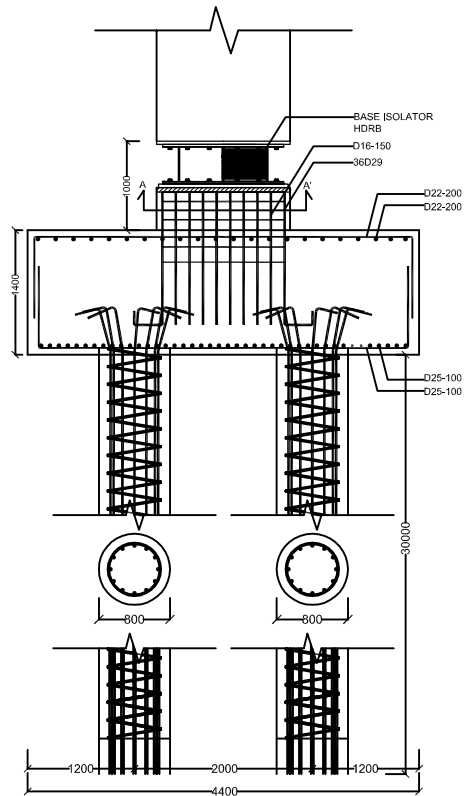
NO.GBR

JML.GBR

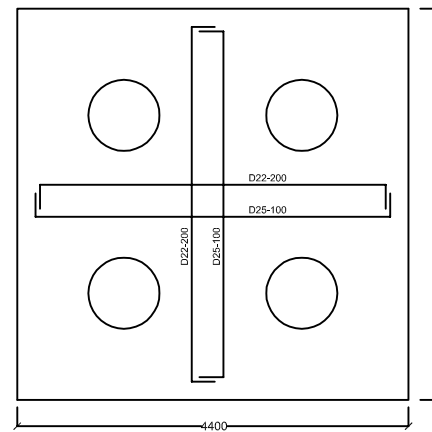
27

28

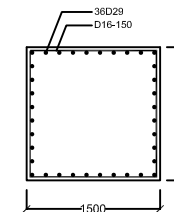




**POTONGAN PONDASI 1 KOLOM**  
SKALA 1:50



**POTONGAN PONDASI 1 KOLOM**  
SKALA 1:50



**POTONGAN PEDESTAL**  
SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

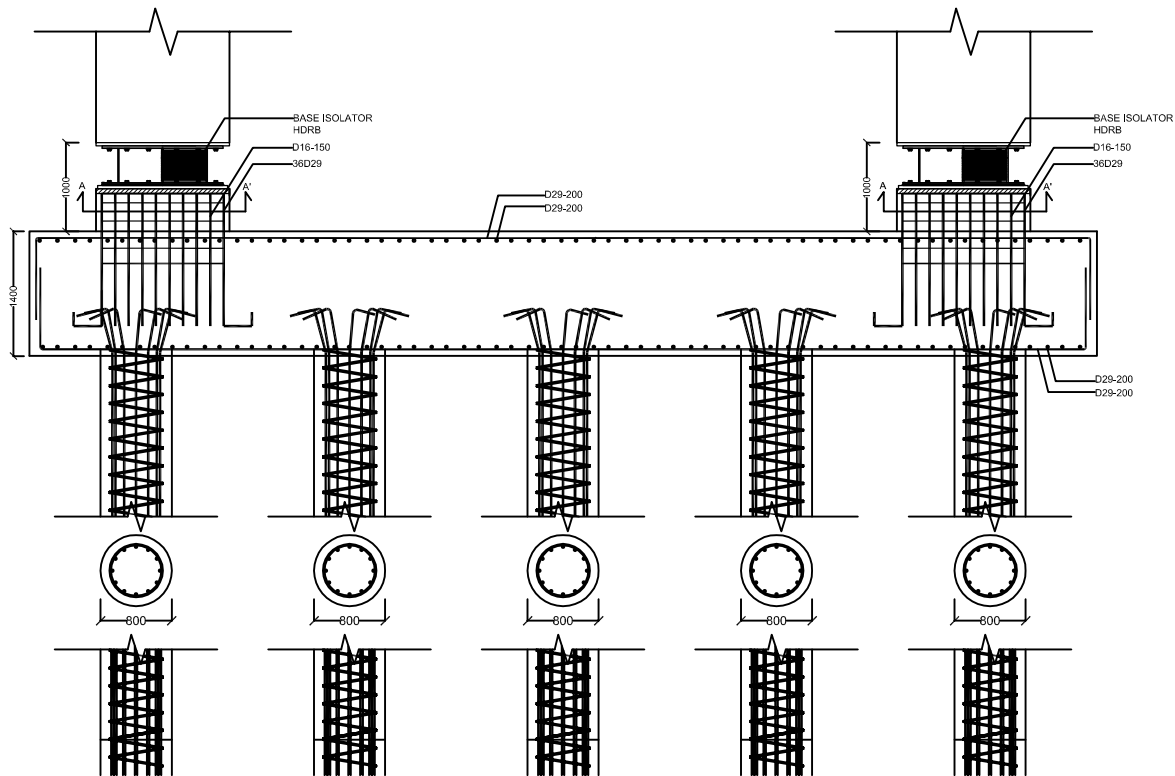
KETERANGAN

NO.GBR

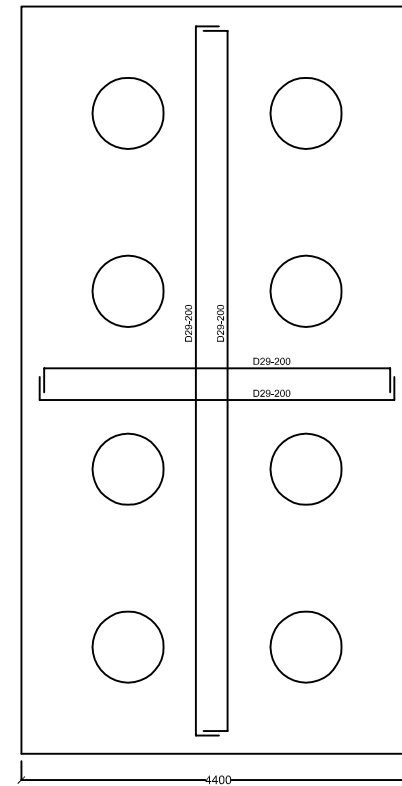
28

JML.GBR

28



**POTONGAN PONDASI 2 KOLOM**  
SKALA 1:50



**PILECAP 2 KOLOM**  
SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG  
APARTEMEN 4 AEON MIXED-USE SENTUL CITY  
KAB. BOGOR MENGGUNAKAN STRUKTUR  
KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN BASE  
ISOLATOR: HIGH DAMPING RUBBER BEARING  
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S., Ph.D.  
NIP. 195909111984031001

NAMA MAHASISWA

Ferry Allus  
NRP. 03111645000009

PROYEK

APARTEMEN 4 AEON  
MIXED-USE SENTUL CITY

KETERANGAN

NO.GBR

29

JML.GBR

29



Form AK/TA-04  
rev01




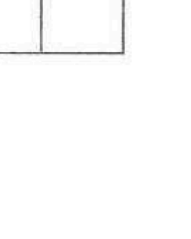
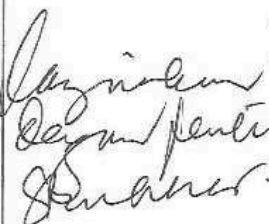
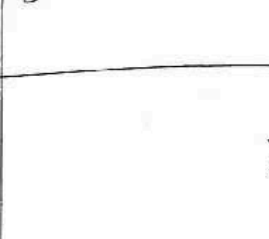
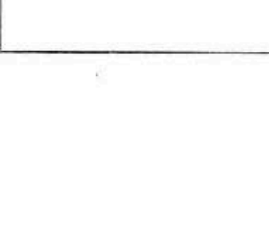
PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Priyo Suprobo, MS., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Ferry Alius
NRP	: 08111645000000
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen 4 AEON Mixed-Use Sentul City Kab. Bogor Menggunakan Struktur Komposit Baga-Belan Dengan Base Isolation: High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	13/3/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perencanaan Struktur Sekunder</li> <li>→ Perhitungan Plat lantai</li> <li>→ Perhitungan Balok Anak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambar Denah Plat lantai</li> <li>- Kerangka gambar Balok Anak</li> <li>- Desain Kolom</li> <li>- Pelajari TUGAS (Output seluruh keluaran dari program)</li> </ul>	   
2.	6/4/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perencanaan Struktur Sekunder</li> <li>→ Denah Plat lantai</li> <li>→ Perhitungan Balok Anak</li> <li>→ Perhitungan Balok lift</li> <li>→ Perhitungan Tangga</li> <li>→ Perhitungan Plat lantai</li> </ul>	  	
3.	23/5/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fix Based Structure</li> <li>→ Perencanaan Struktur Fix Based</li> <li>→ Kontrol Desain</li> </ul>		



Form AK/TA-04  
rev01

**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**  
 Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
 Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Priyo Suprobo, Wis., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Ferry Alius
NRP	: 03111 6450 00009
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen 4 AEON Mixed-Use Sentral City Koa-Bogor Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton Dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMITA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
4.	11/5 2018	- Isolation Structure ➢ Perhitungan Dimensi High Damping Rubber Bearing ➢ Permodelan dan Analisa Isolation Structure	- Check kembali kestabilan rubber isolator - Kontrol Desain struktur isolasi	
5.	18/5 2018	- Isolation Structure ➢ Perhitungan Balok Gempa Vb dan Vs ➢ Kontrol Desain	- Lanjutkan ke perhitungan Balok kolom	
6.	25/5 2018	- Perencanaan Struktur Primer ➢ Perhitungan Balok Induk ➢ Perhitungan kolom	- Kolom dipecahkan 4 grup - Dimensi balok induk untuk bentang yang pendek di balok - Kontrol kembali pada program (Struktur fixed base dan isolasi)	
7.	04/6 2018	- Perencanaan Sambungan ➢ Sambungan Balok Anak - Balok Induk ➢ Sambungan Balok Utama Tangga - Balok Perumpu Tangga (Balok) ➢ Sambungan Balok Perumpu Tangga (Balok) - kolom	- Lanjutkan Sambungan Sambungan dan bangunan bawah	



Form AK/TA-04  
rev0

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111

Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Prof. Ir. Priyo Suprpto, MS., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	Ferry Alhus
NRP	031164300009
JUDUL TUGAS AKHIR	Modifikasi Perancangan Gedung Apartemen 4 AEON Mixed-Use Sentul City Kab. Bogor Membranatkan Struktur Komposit Baja-Beton dengan Base Isolator : High Damping Rubber Bearing (HDRB)
TANGGAL PROPOSAL	
NO. SP-MMTA	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
8.	29/6/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perencanaan Sambungan               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Sambungan Balok Induk-Ledem</li> <li>➢ Sambungan Balok Induk-Ledem Redastai</li> <li>➢ Sambungan antar kolom</li> <li>➢ Sambungan kolom dengan Base Plate</li> </ul> </li> <li>- Perencanaan Struktur Bawah               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Perencanaan Basement</li> <li>➢ Perencanaan Pondasi &amp; Floor</li> <li>➢ Perencanaan kolom Redastai</li> <li>➢ Perencanaan sloof Pondasi</li> </ul> </li> <li>- Gambaran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kenapa dengan base isolation pengurangan simpangannya harus kecil?</li> <li>- Apakah struktur tanpa Base Isolation tertakut gempa?</li> <li>- Bandingkan Time period setelah dan sebelum base Isolation <math>f &gt; f_{nilai}</math></li> <li>- Cari peraturan apakah struktur sebelum di pasang Base Isolation sudah kuat</li> <li>- Perbandingan hysteretic loop akibat gempa.</li> </ul>	
9.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tapered base &lt; Isolation structure</li> <li>- Pengurangan simpangan dengan struktur base isolation kecil karena struktur fixed base sudah mampu menahan struktur terhadap gempa yang besarnya</li> </ul>		
10.	30/7/2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbaikan / Penyempurnaan               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Tata tulis typet casting</li> <li>➢ Dinding Perintah Tahan diantar pada potongan (ketik dan kawat)</li> <li>➢ Map gambar di buat ulang</li> <li>➢ Kesimpulan dipersingkat</li> <li>➢ Gambaran potongan diperjelas (watermark)</li> </ul> </li> </ul>		
		- Jurnal Tugas Akhir		

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Senin** tanggal **16 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

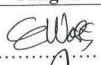

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000009	Ferry Alius	Modifikasi Perancangan Gedung Apartemen 4 AEON Mixed-Use Sentul City Kab. Bogor Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton Dengan Base Isolator: High Damping Rubber Bearing (HDRB)

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- Lihat koreksian & buku TA. (tulisan dan gbr)
- Cara penentuan HDRB di buat & laporan TA-nya.
- ~~Buku referensi~~ Dinding penahan tanah & gbr letaknya & jarak ✓
- Hal 76-70 & betulkan letaknya.
- Daftar pustaka sesuai abjad → koreksi juga yg tertulis dan & daf
- Gambar potongan & perpelas ✓
- Kontrol HDRB yang & pilih & hitung sesuai perpendahan yang terja &
- Gambar tangga & detail & perbaiki.
- Kop & betulkan . • Kesimpulan & persingkat.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	

Surabaya, 16 Juli 2018  
Dosen Pembimbing I  
(Ketua)

  
**Prof. Ir. Priyo Suprobo, MS. PhD**

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)

Dosen Pembimbing 3  
(Sekretaris)



## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Ferry Alius. Lahir di Makassar pada tanggal 23 Mei. Penulis merupakan anak tunggal, dari pasangan Boy Alius dan Fenny Kawiana. Penulis sebelumnya telah menempuh pendidikan formal di TK Frater Teratai I Makassar, SD Kr. Aletheia Malang, SMP Kr. IPEKA Makassar dan SMA Kr. Gamaliel Makassar. Setelah lulus dari SMA, penulis mengikuti UMPN (Ujian Masuk Politeknik Negeri) dan diterima di Program Studi D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri

Malang pada tahun 2012 dan lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil judul Tugas Akhir pada bidang studi struktur dengan konsentrasi pada Struktur Bangunan Gedung.

Selama masa perkuliahan di Polinema dan ITS penulis aktif dalam berorganisasi di bidang kemahasiswaan. Penulis menjadi pengurus HMS Politeknik Negeri Malang sebagai anggota bidang Pengembangan dan Penelitian pada tahun pertama, Koordinator Komisi 3 di UKM Kerohanian Kr. Talitakum pada tahun kedua, dan menjadi Anggota Luar Biasa di HMS FTSP-ITS. Apabila terdapat hal-hal yang ingin didiskusikan terkait Tugas Akhir ini, penulis dapat dihubungi melalui email [alius.ferry@gmail.com](mailto:alius.ferry@gmail.com).